

最近のフライス盤の進歩

Recent Improvement of Milling Machines

阿 武 芳 朗* 藤 原 健 之 輔*
Yoshiro An'no Kennosuke Fujiwara

内 容 梗 概

最近におけるフライス盤は、戦後急速に躍進を遂げた機械工業の中軸として、著しい進歩を示してきた。

フライス作業の特殊性は、機械自体の性能、操作性と併行してフライスカッタ切削の進歩によつて、さらに能率的に作業範囲が拡大されてきている。単一刃切削がフライス切削に置換えられつつある現状は、その能率性が広く一般に認められているゆえんである。

さらにフライス盤における形状切削の特性は、最近の数値制御加工方式に開発的な使命を果して、他の位置決め工作機械とともに革命的な発展が予測されている。

1. 緒 言

成形切削におけるフライス盤は、本来のフライス作業の特性とカッタの進歩によつて従来の平削盤、形削盤、立削盤および旋盤仕事の領域を侵しつつその特性を遺憾なく発揮している。

フライス仕事は平削盤や旋盤などの単一切刃仕事と異なり、多数の切刃を有する回転刃物によつて種々の形状の面を削っていくのであるから、ほかの工作機械以上に刃物の進歩とその削り方に関連を有することは言をまたない。

フライス盤の切削作用は、各切刃の切削が連続的でなく、その切削抵抗も複雑に変化して一刃または1回転ごとに生ずるトルクの変化、高速回転に備えるため、歯車、伝導軸、およびこれらを内蔵するコラム、ニー全体にわたつて剛性を大きくし、振動の少ない平滑静粛な運転を期さねばならない。また限られたスペースの中に三次元運動を生成する駆動機構を集約しながら操作性を向上させてゆかねばならない。この点はフライス盤が旋盤などと比べて、特殊な製作技術を必要とされるゆえんである。

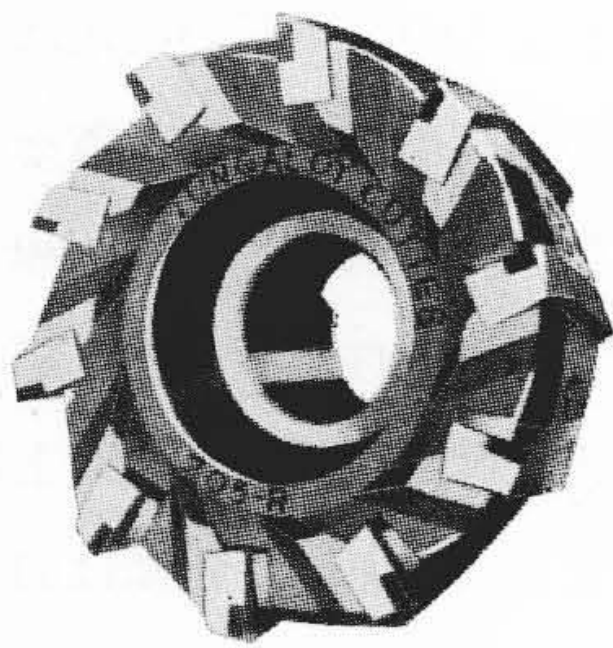
さらに一般工作機の一般進歩と同じく、あつかいやすく、アイドル時間の短縮を進め、無人機の方角に向つていくであろう。本稿では、以上の主旨にもとづいてフライス盤の本質的な命題の見地より最近の進歩をうかがいたいと考える次第である。

2. フライス切削の進歩

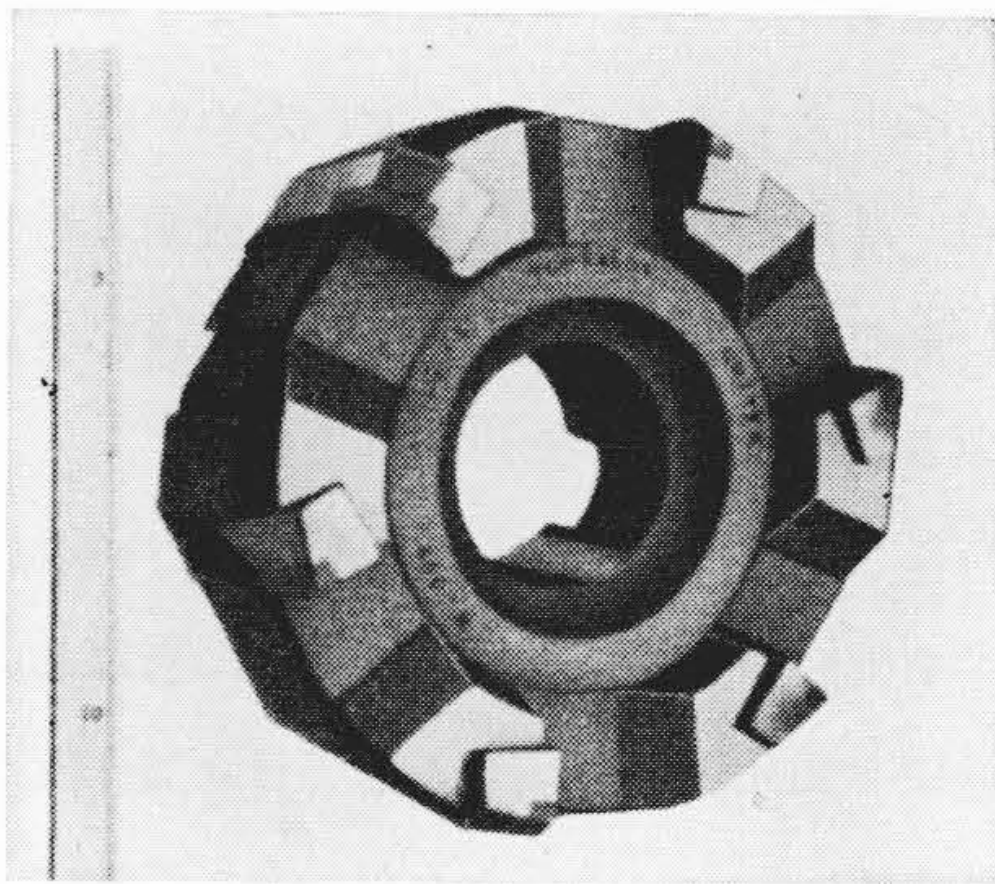
1926年にセメンテッド、カーバイトの刃物が出現してから、ほかの工作機械と同様フライス盤においても高能率発揮を目標として革命的な発達が促進され、1934年、いわゆる超硬カッタの国産化により切削技術は日進月歩の向上をし、今や超硬万能時代を招来している。特に正

面フライスカッタは、平面加工フライス作業では高精度、高能率の加工が容易で、経済性からも、最も広く使用されており、進歩改良の跡は著しいものがある。

ブレードの背後をカッタボデーで一杯にささえ、ブレードの振動を極力避けるために設計されたフルバックカッタ(第1図)は超硬植刃正面フライスの代名詞として広く普及され、第二次大戦中には鋼の重切削用に適合したnegative axial rake angleを有する「特金カッタ」として誕生した(第2図)。この「特金カッタ」は最近においては、axial rake angleをpositiveとしradial rake angleをnegativeとしたものが考案されて、鋼切削の性能に改善を施した。またバイトや方形シャンク断面のブレードをボルト締めした構造の鋼用超硬植刃正面フライスが「マイスカッタ」として標準化

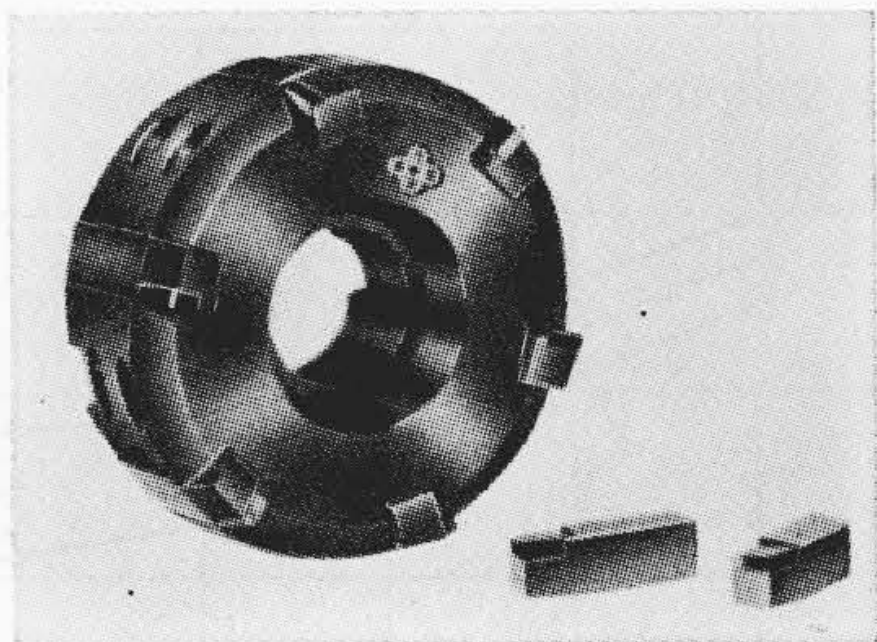


第1図 フルバックカッタ

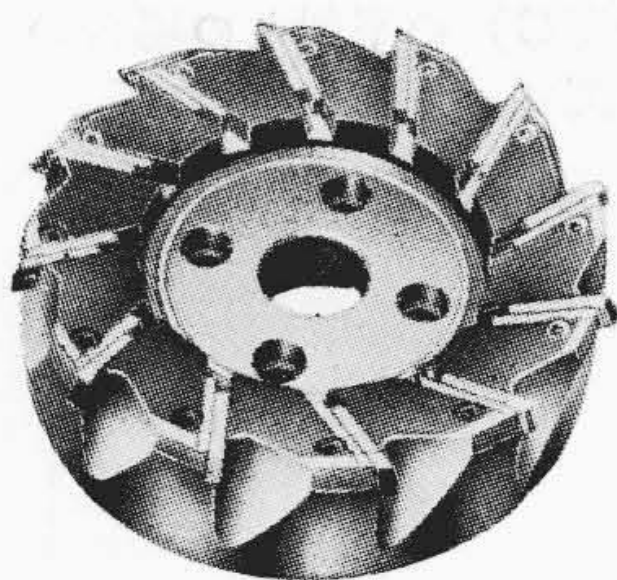


第2図 特 金 カ ャ ャ ャ

* 日立製作所川崎工場



第3図 マイスカッタ



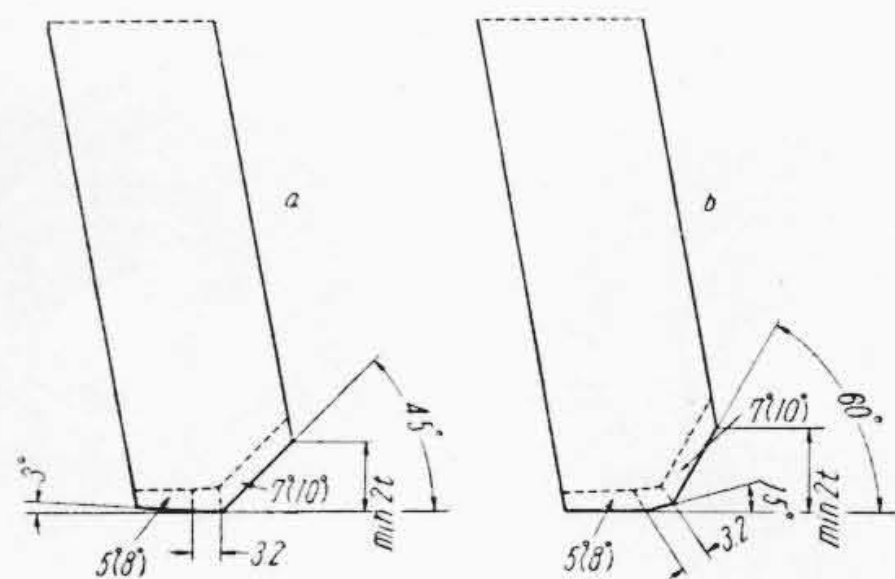
第4図 C.S.M. カッタ

された(第3図)。

一方米国においても、Kearney & Trecker 社が強力型フライス盤のために設計した、C.S.M. カッタが戦後の斬新な高性能カッタとして注目されている(第4図)。これは鋼の高能

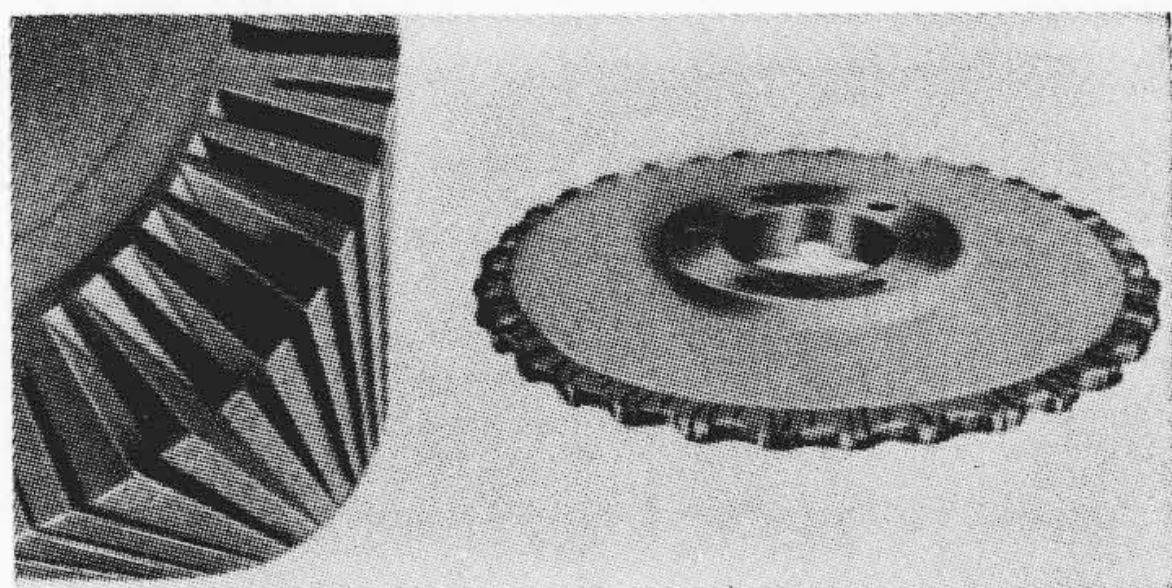
率正面フライス作業において、外周側の刃先摩耗が正面側の摩耗よりも大きく、再研磨代もそれに応ずるために、植刃の出入方向を、radial 変位の方を大きくするのが合理的であるという考え方に基いたものである。以上はいずれも刃先の再研磨に際し植刃を突出させて研ぎ直すことを建前としたものであるが、刃先が切れなくなれば再研磨を行わず廃棄してしまう方式、すなわち Throw away 方式が最近画期的なものとして出現した。これは薄い正方形断面の柱型チップを axial rake, radial rake をそれぞれわずかに negative とし、チップの一面の4隅を刃先とし、裏返して使用することにより、8隅を刃先として使用できるものでカッタボデーに機械的にはさみ、一隅の刃先が寿命となれば、つぎの隅を刃先として8回の使用後に廃却するという方式のものである⁽¹⁾。

1954年には、コレソフ切削が誌上に紹介されて高送り切削による能率化に飛躍的な発展を促した。これは最初旋削で効果をあげてよりフライス作業にも適用されてきているもので、最近にはさらにこれが改良されている。第5図はコレソフブレードを示し a は従来の形状、b は改良したものである。コレソフブレードをもつ正面フライスでは、工作物はブリネルかたさ 190 の鋳鉄製マニホルド、フライス径 180 φmm、植刃数 22、切削速度 100 m/min、送り 710 mm/min、一刃当り送り 0.25 mm、切込 3.2 mm の切削諸元で、a に示すもので平均 300~400 個の工作物およびほぼ 16,400 cm³ の切屑を切削することができ、b に示す刃付けの変更によつて、切刃は6倍の個数に耐えるようになり、送りもまた表面仕上げ



ここに示す角度は硬質合金および鋼(カッコ内)にたいする隙間角を表わす

第5図 コレソフブレード

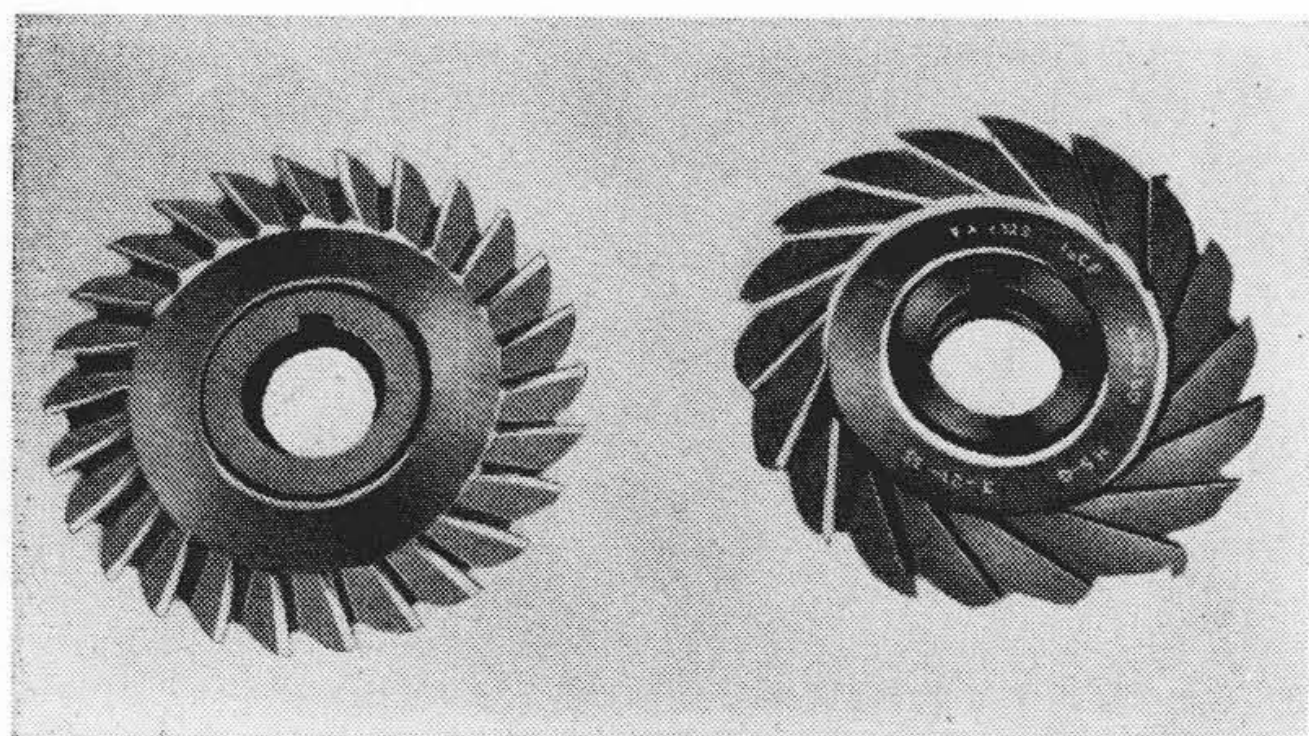


第6図 ターボジェネレータ用ロータみぞのフライス加工

の程度(8 μ)を落さずに、1,000 m/min に高めることができる⁽²⁾。

超硬フライスは以上の正面フライスのほかにも、プレーンカッタ、サイドカッタ、エンドミルカッタなどにも普及されている。第6図に示すのは 80 kg/mm² の高力鋼のターボジェネレータ用ロータみぞを 34 枚刃、800 φmm の超硬サイドカッタで、みぞ幅 24 mm を切削する例であり、従来の高速度鋼カッタに比べて3倍以上の能率をあげている。また航空機工業の例では、60 φmm 超硬エンドミルで主軸回転数、12,000 rpm、送り 650~850 mm/min、1 回のパスで 50~100 mm の深さを削り出している。この場合冷却および潤滑剤(パラフィン、水溶性油、既使用潤滑油の混合)は、案内ブッシュを通してカッタに導かれ、同時にノズルによつて切屑排除のため圧縮空気が送られる。さらに潤滑剤に 1:500 の割合でモリブデン硫化物を添加すると、切削面をきれいにし、フライスを保護するのによい結果を示している。フライスの寿命はさまざまで、1 週間の間作業したこともあり、切刃のホーニング仕上げは、寿命や表面品質に影響がなかつたが、12,000 rpm の回転数にはこれで十分であつた⁽³⁾。

従来のハイスカッタに対しても、飛躍する切削速度の増加に追随すべく研究が進められており、刃形の概念を一変するかのようにレーキアングルを非常に大きくしたカッタが登場した。5 時の溝切カッタについて、従来の

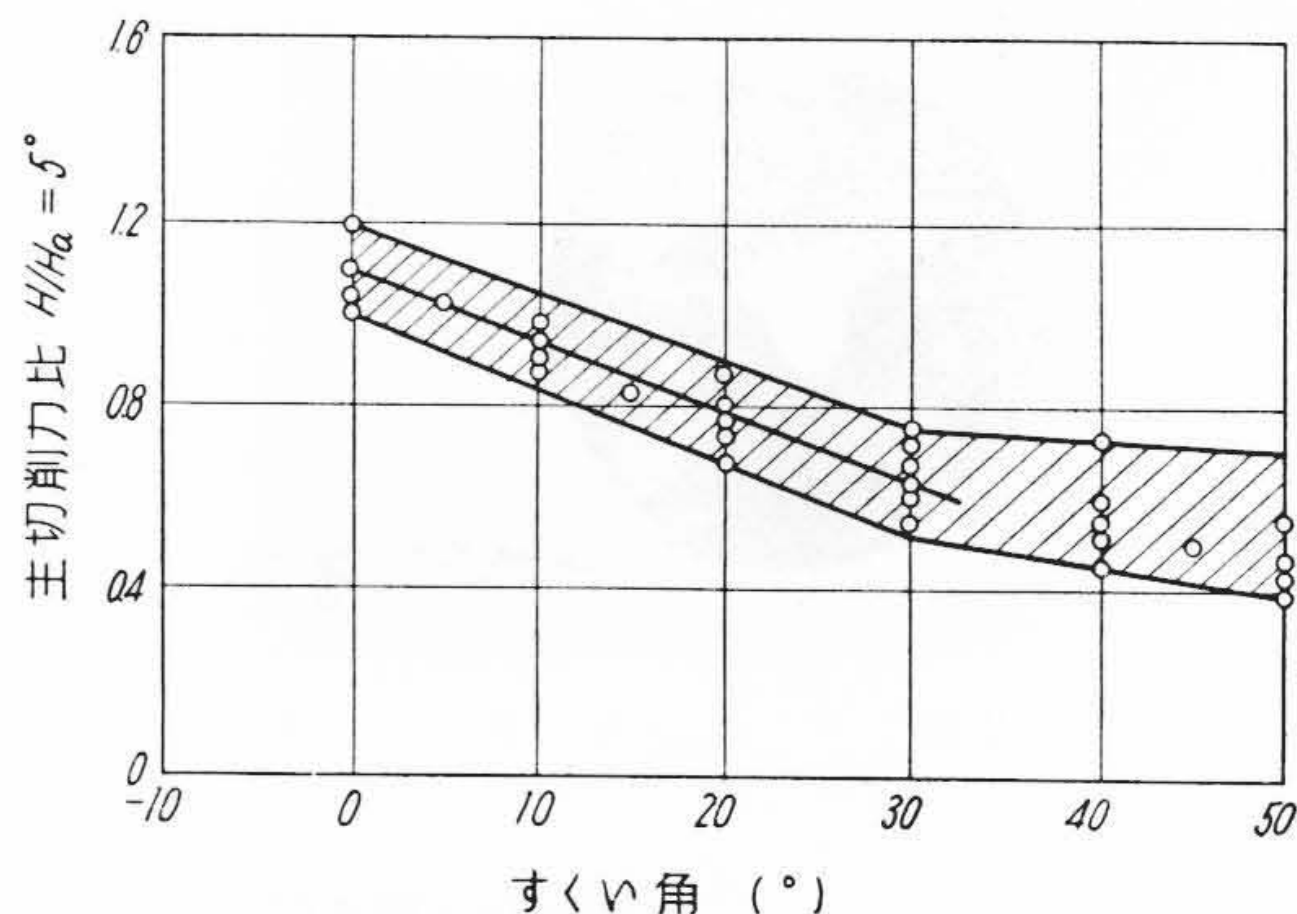


第 7 図 従来のカッタ(左)と新型カッタ(右)

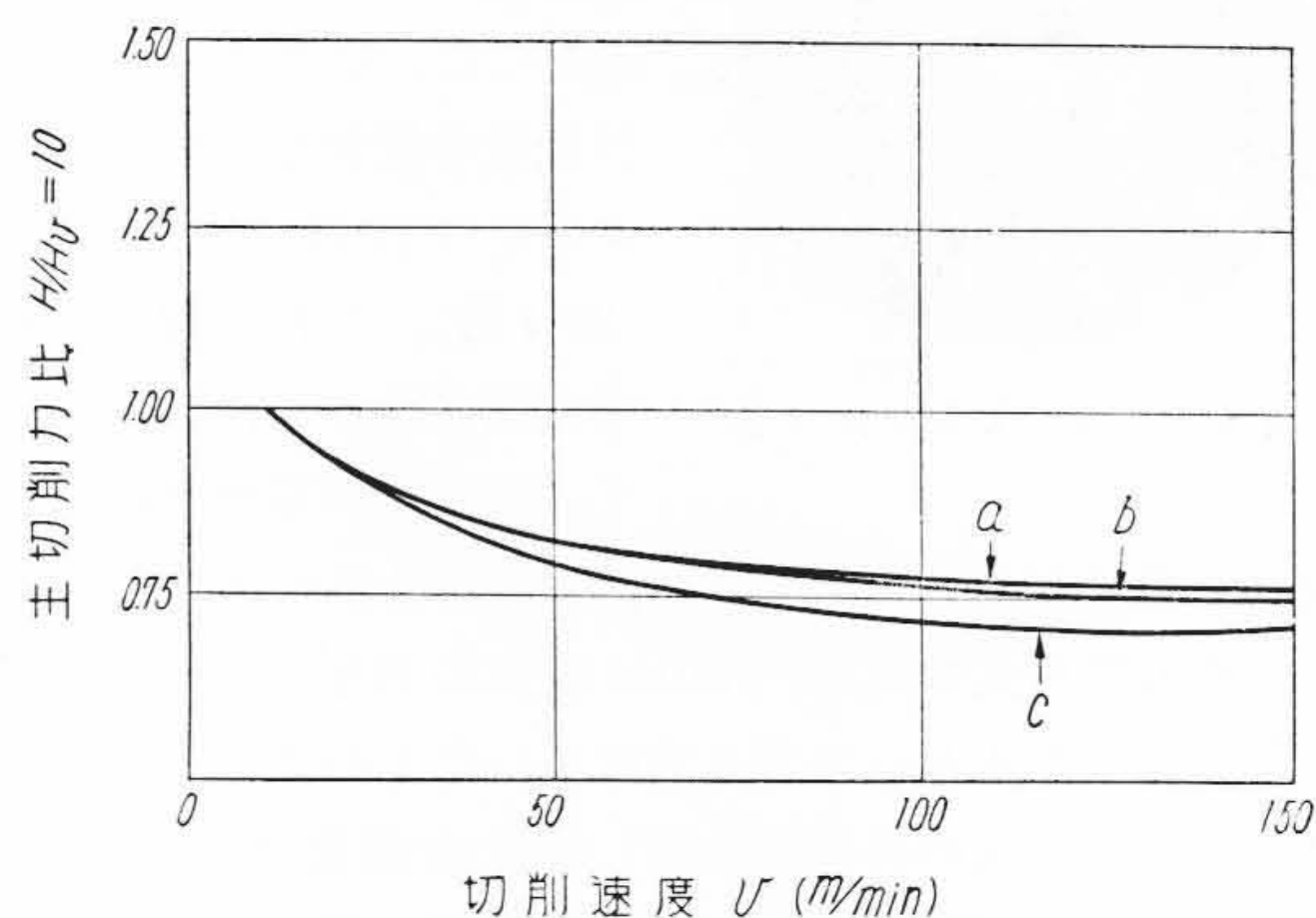
ものとこの新しいカッタの形状の相異を第 7 図に示す。この新型カッタは、シカゴ、ニューマチック社製のもので、従来のカッタ(左側)はレーキアングルが 4 度だが、新しいものでは 32 度を採用している。このカッタではアップカットでも、ダウンカットでもカッタの寿命にみるべき差はなく、再研磨するまでのカッタの平均寿命は、新式の方が従来のものよりすぐれ、また新型のカッタで切削した方が、仕上面が良好でワークに出るバリも少ない。老旧機械も含めて大部分の機械にこのカッタは応用できるが、主軸の回転を上げることと、主軸やテーブルにガタのないこと、十分クーラント(水溶性)をかけた方がよい。そのほか、プレーンカッタ、総型についても、レーキアングルを 25 度くらいまで大きくして、切削速度 60~95 m/min, 送り 760 mm/min まで上げ得た例も示している⁽⁴⁾。

この新型カッタの発表と時を同じくして、1957年にデンマークのコペンハーゲン大学工作機械実験所で研究した、レーキ角および切削速度の増加と主切削力間について、第 8 図および第 9 図の実験結果を発表している⁽⁵⁾。第 8 図は真のレーキ角+5 度のプレーンカッタを使った場合の主切削力を、1 に等しいものと仮定して、切削力が真のレーキ角の増加に対して直線的関係において減少することを示しており、また切削速度と切削力比との関係については、切削力は 150 m/min 以下の速度の場合には切削速度の増加につれて減少するが、それ以上の速度の場合にはほぼ一定である。しかし切削力が最も落ちるのは 150 m/min の場合である。

以上のように、フライス加工は現在もなお削り速度、送り速度において、刃先形状、刃数について種々の実験が行われているが、実用機では超硬カッタによる鋼切削で、120~350 m/min の切削速度、鋳鉄の送り速度、2,000~2,500 mm/min に及んでおり、アルミ合金では削り速度 1,000~3,000 m/min, 送り速度 3,000~5,000 mm/min に達している。したがってこの条件に応じたフライス盤が必要となるが、送り速度、馬力、剛性、重量の増大が著しく、10年前のものとはまったく面目を一



第 8 図 炭素鋼(0.15~0.20% C)の平削りの場合の主切削力比とすくい角との関係



第 9 図 炭素鋼フライス削りの場合の主切削力比と切削速度との関係

新している。

3. フライス作業範囲の拡大

上述のようにフライスカッタの飛躍的な発達と、これに伴う切削技術の向上とにより、その能率性、高精度加工が漸次認識されてきた。加うるにカッタ研削盤の普及に伴って、フライス作業は生産性向上の主役に特異な地位を占め、近年来きわめて順調な発展をとげてきている。

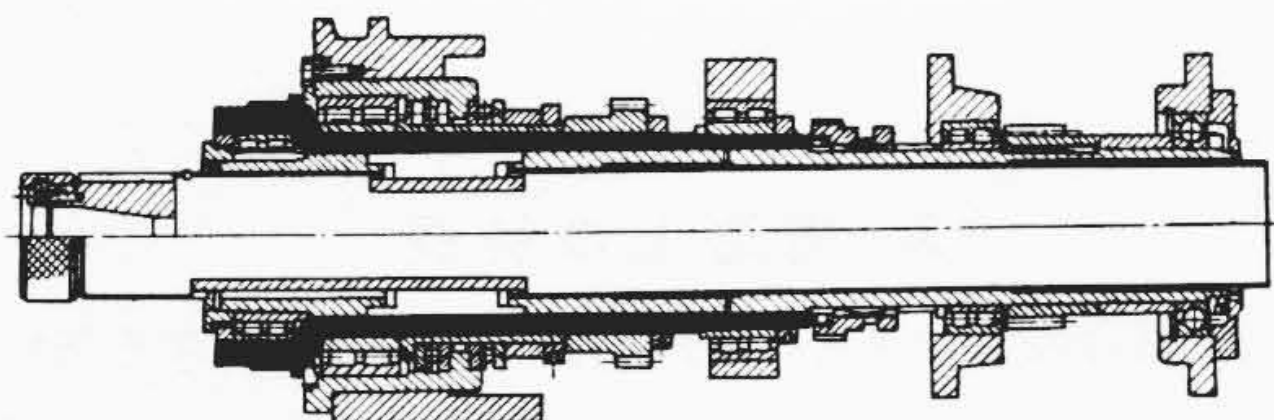
これは大型工作機において、特に顕著な能率増進を示し、プレーン作業は漸次フライス作業に移行する傾向が強く、プラノミラーの進出がめざましい。英国 Kendal & Geur 社では、先年切削長 45'×幅 10' (13,725mm×3,050 mm) の世界最大の片持型プラノミラーをカナダへ輸出して気焰を上げているほか⁽⁶⁾、門型プラノミラーは今や駆動馬力が 100 HP にも高められ、シリンダブロックの加工には、2,500 mm/min まで送りが用いられるようになった。

注目に値するのは、Giddings & Lewis 社の門型スキ

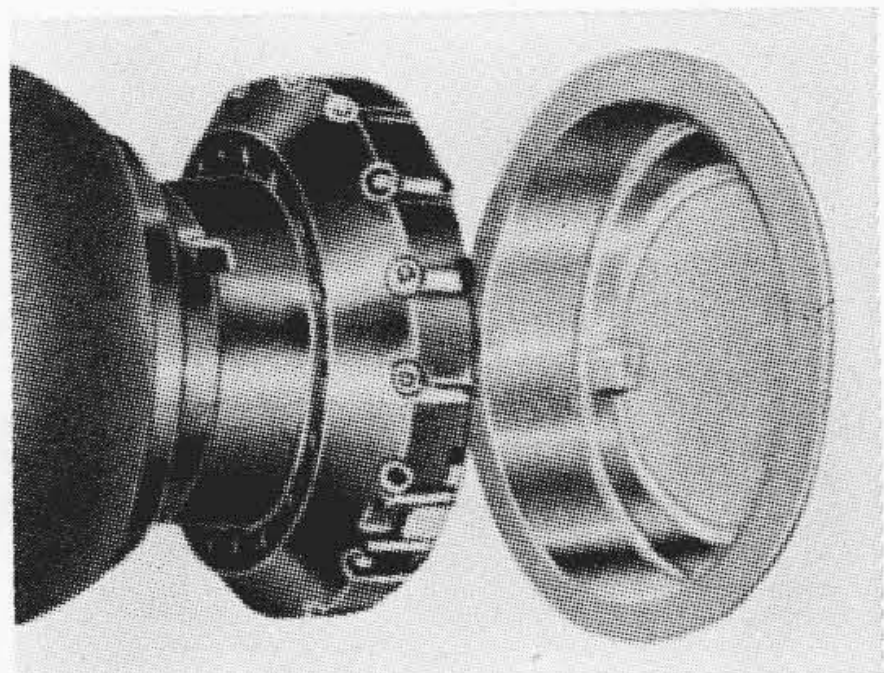
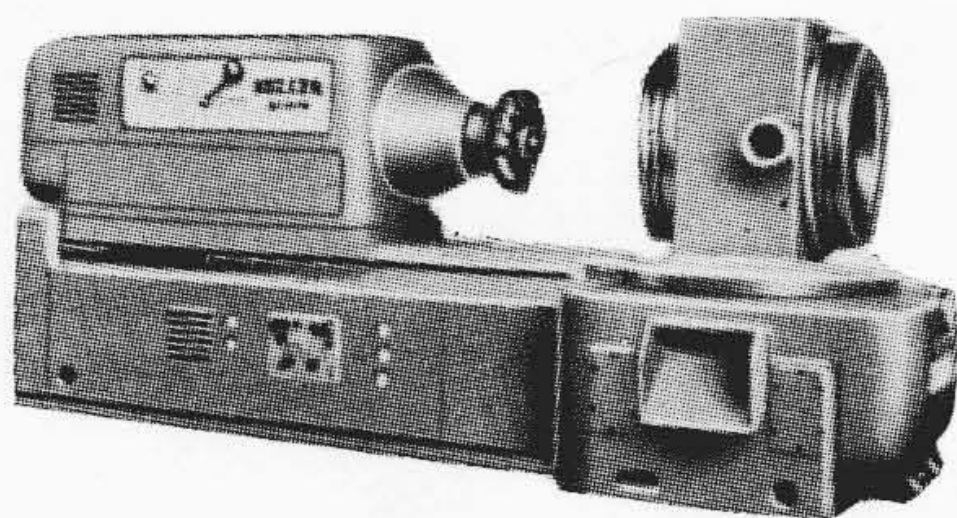
区切りのある壁面をフライス加工する。テーブルの寸法は、4,000 mm×10,000 mm、駆動はネジ軸により無段変速の油圧モータを経て行われ、送りは8,000 mm/min以下、テーブル案内面はクロス型転り軸受上に取り付けられ、クロスヘッドには3基の垂直ミリングユニットがあつて、それぞれ水冷式の75kWモータをもち、主軸回転数7,200 rpm 無段調節で、重量200 tである。ミリングユニットは液圧微削制御装置と連結しているので、湾曲断面も加工することができるのである⁽⁷⁾。旧型平削盤はミリングユニットによりプラノミラー化され、またいわゆる床型、サドル型の中ぐり盤作業の40～60%はフライス作業で占められるに至つた。

第10図に示すのは、ドイツWetzel社中ぐり盤の主軸頭断面図であり、外側の精密強力な軸受けでフライス面削り作業を行い、中心部の軸受で中ぐり作業を行うものである。

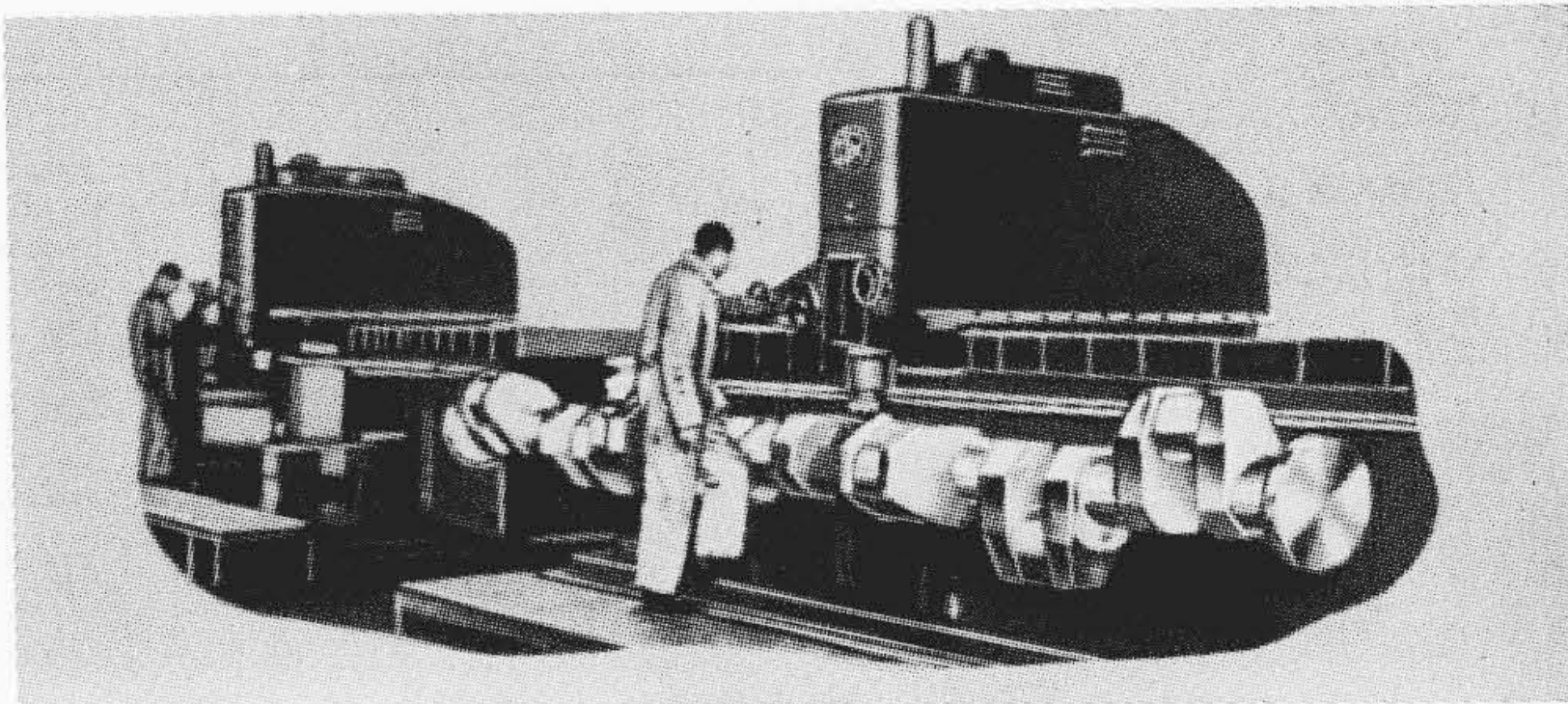
第11図に示すのは鋳鉄製歯止胴を18枚刃、440φmm超硬カッタで仕上げる専用機で、削り速度63 m/min、送り100 mm/min スピンドルは200φmmで駆動馬力は18.5 kWである、これは従来ターニング作業で行われたもので5倍以上の能率向上が可能となつている。



第10図 Wetzel 中ぐりフライス盤主軸頭



第11図 歯止胴のフライス加工

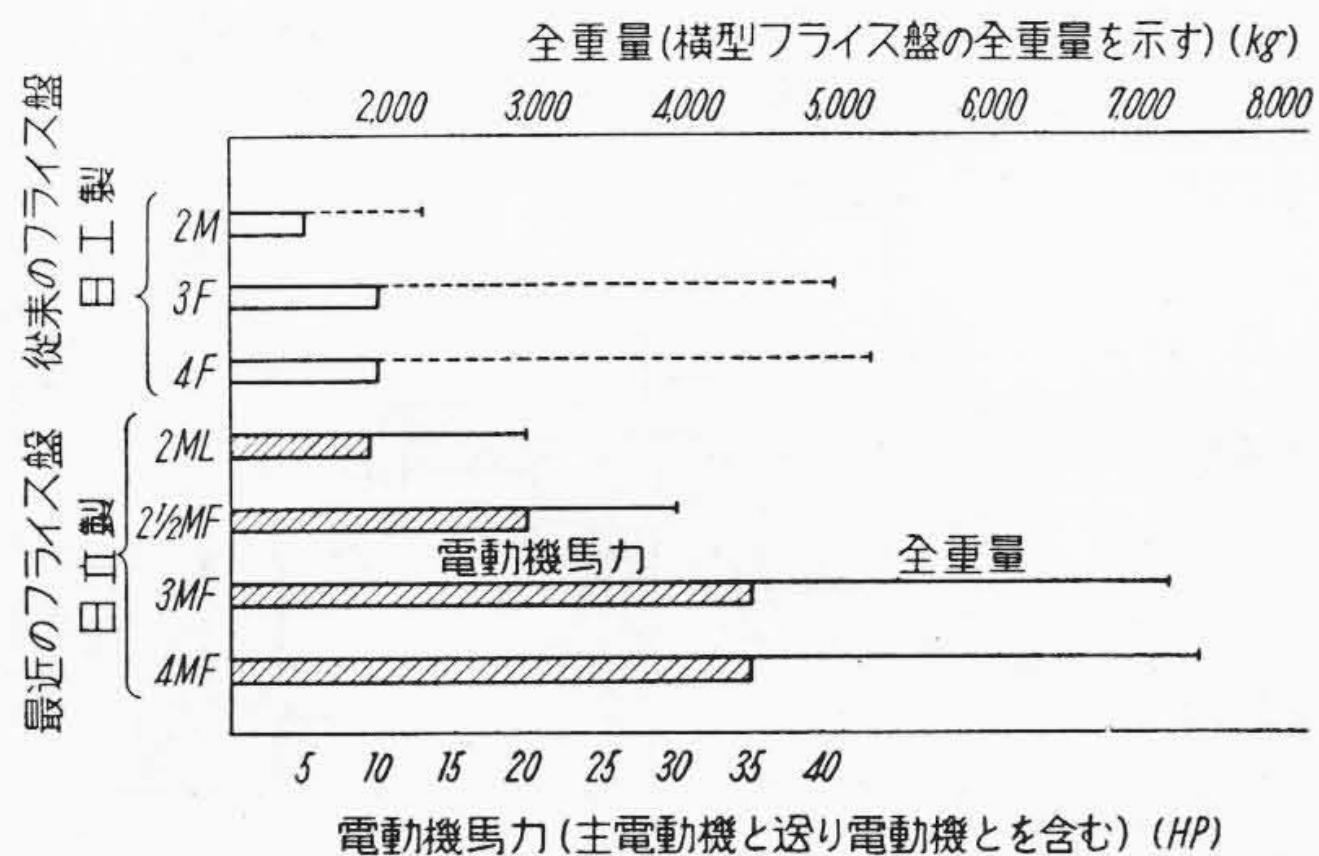


第12図 Droop Rein クランク軸立フライス盤

第12図は、Droop Reinの立フライス盤で大型ディーゼルクランク軸加工専用機であり、これらはいずれもフライス作業の他分野進出のあらわれである。そのほか専用機としてフライス作業の占める役割は非常に大きく、回転型またはドラム型フライス盤として、その生産性を買われており、最近ではトランスファーマシンにも主要な座を占めている。フライス作業のかような進展は、その特性を十分にいかし、切削技術の研究とともに送り速度、馬力、重量の増大に革命的な開発を行つたからであり、10年前のものとはまったく面目を一新した最近のフライス盤の仕様からも当然うなづかれることである。第13図に新旧フライス盤における電動機馬力と全重量の比較を示し、第1、2表に最近のフライス盤の仕様を掲げる。

4. 万能性の拡大

フライス盤はその使い方の工夫と種々の付属装置を応用することによつて、万能性を無限的に駆使することができるのである。いわばこれがフライス盤の特性であり、使命でもあるのである。一般工作機械がますます自動化される傾向にある時、同時にフライス盤はますますそのフレキシビリティが要求されてきた。従来工具フライス盤などの小型工作機械は万能性の要求から、オーバームのダブルスライド方式がとられ、各種のアタチメ



第13図 新旧フライス盤の電動機馬力と全重量の比較

ントが付属したが、さらにこれらは新たにタレット方式により、アタッチメント取り付け、取りはずしの時間を節約する傾向にある。第 14 図に示すものは日立製 No. 4 万能フライス盤で、オーバアームにユニバーサルヘッドを取り付けたものである。ユニバーサル駆動動力 10 HP、ヘッドは水平面上左右に 360 度および垂直面上前後に 360 度スイベル可能である。この万能フライス盤はそのまま横フライス盤としても使用できる。この型式は大型万能工作機械の一つの新しい展開であり、同様な考え方は Cincinnati, Gambin, L. Ure の横フライス盤においてもみられる。第 15 図は Schaublin のユニバーサルヘッドの断面内部機構を示したものと、各種の使用例を示したものである⁽⁸⁾。

強馬力切削はともかくとして、万能性を徹底的に示した一例としては第 16 図に示す, Schwäbische 社の SHW. UF 2 がある。これはテーブルが前後、上下の三次元のスイベルを可能とするほかに、主軸は横立両様に使用できるものである。以上の万能化の傾向は最近の自動専用化、オートメーションに対して汎用工作機械がますますその汎用性、フレキシビリティの拡大を要求されていることを物語るものである。

第 1 表 強力型 フライス盤仕様書

会社名	項目	テーブル		主 軸		重 量 (横 型) kg
		作業面積 mm×mm	送り速度範囲 mm/min	回転数範囲 rpm	馬力 HP	
Cincinnati	No. 3 Dual, Power	1,860×455	9 ~ 2,290	16~1,600	30	5,400
	No. 4 Dual, Power	2,180×500	9 ~ 2,290	14~1,400	50	6,900
Milwaukee	No. 3 330—TF	1,829×394	9 ~ 2,160	25~1,250	25/50	4,800
	No. 4 450—TF	2,235×457	9 ~ 2,160	25~1,250	25/50	7,200
Heller	FH—160	2,500×500	20 ~ 1,250	28 ~ 900	25~50	10,750
日立製作所	3 MF	1,860×450	20~2,500(無段)	16~1,600	30~40	7,300
	4 MF	2,100×450	20~2,500(無段)	16~1,600	30~40	7,500
	5 MF	2,400×450	20~2,500(無段)	16~1,600	30~40	7,700

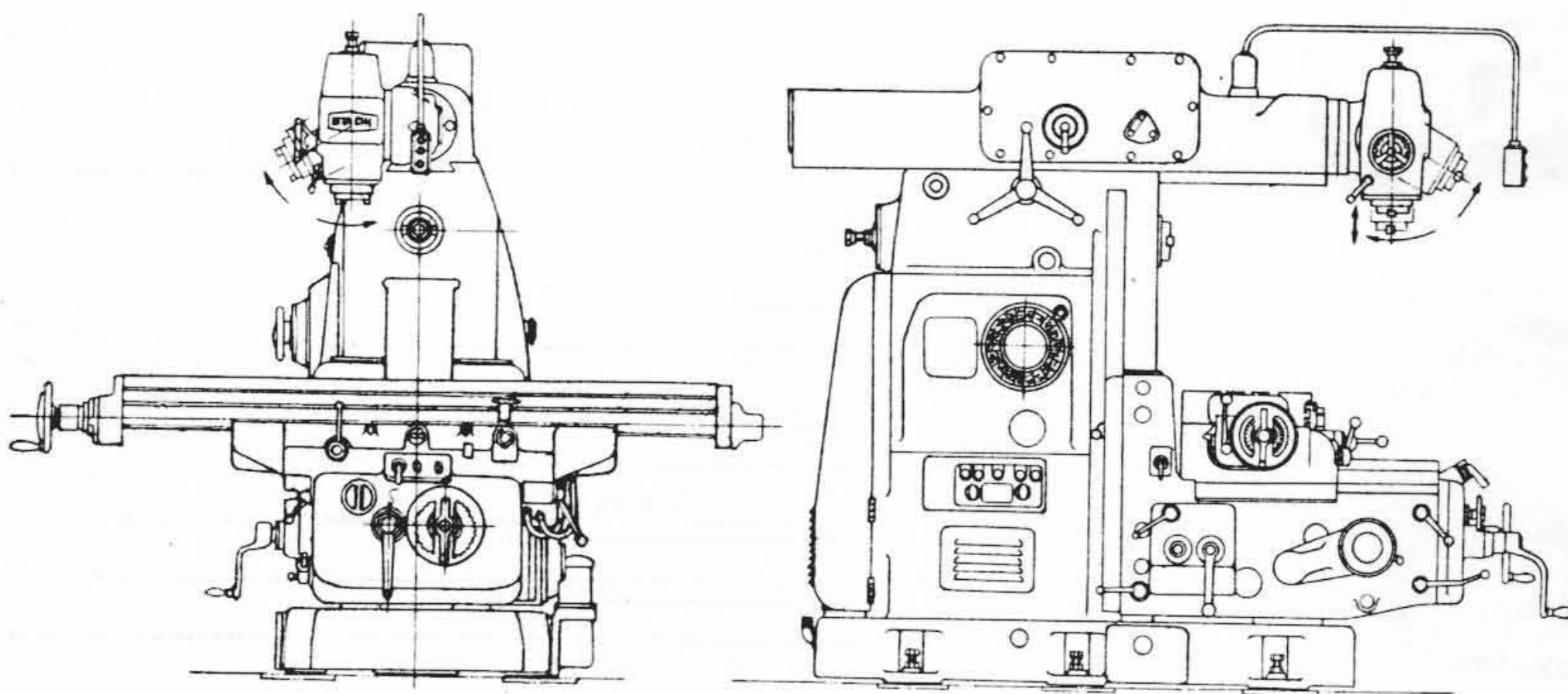
第 2 表 中力型 フライス盤仕様書

会社名	項目	テーブル		主 軸		重 量 (横 型) kg
		作業面積 mm×mm	送り速度範囲 mm/min	回転数範囲 rpm	馬力 HP	
Cincinnati	No. 2 MI	1,245×254	635 ~ 768	25~1,500	5	2,100
	No. 3 MI	1,588×355	635 ~ 762	25~1,500	7½	2,690
	ダイヤル型 No. 2	1,338×311	8 ~ 1,524	20~1,500	7½	2,990
	ダイヤル型 No. 3	1,588×381	8 ~ 1,524	18~1,300	10	3,940
Milwaukee	No. 2 CH	1,270×305	6 ~ 768	25~1,500	5	1,900
	No. 3 CH	1,625×343	9 ~ 2,160	15~1,500	10	3,200
	No. 2 210—TF	1,575×356	9 ~ 2,160	15~1,500	10	3,800
	No. 3 315—TF	1,829×394	9 ~ 2,160	15~1,500	15	4,600
Heller	FH120—3	1,980×400	20 ~ 1,250	45~1,420	14~20	6,500
日立製作所	2 ML	1,350×270	8 ~ 1,000	25~1,500 (33~2,000)	7½	3,000
	2½ MF	1,550×350	40~2,000(無段)	26~1,500	15	4,000

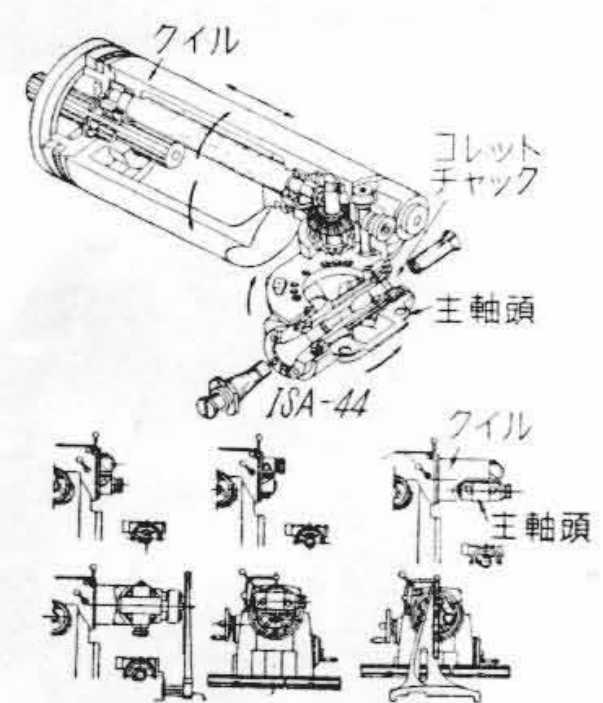
5. 構造上の特長

超硬質合金カッタを十分に駆使することのできる条件を備えていることが現在の工作機械の最も大きな要素であるから

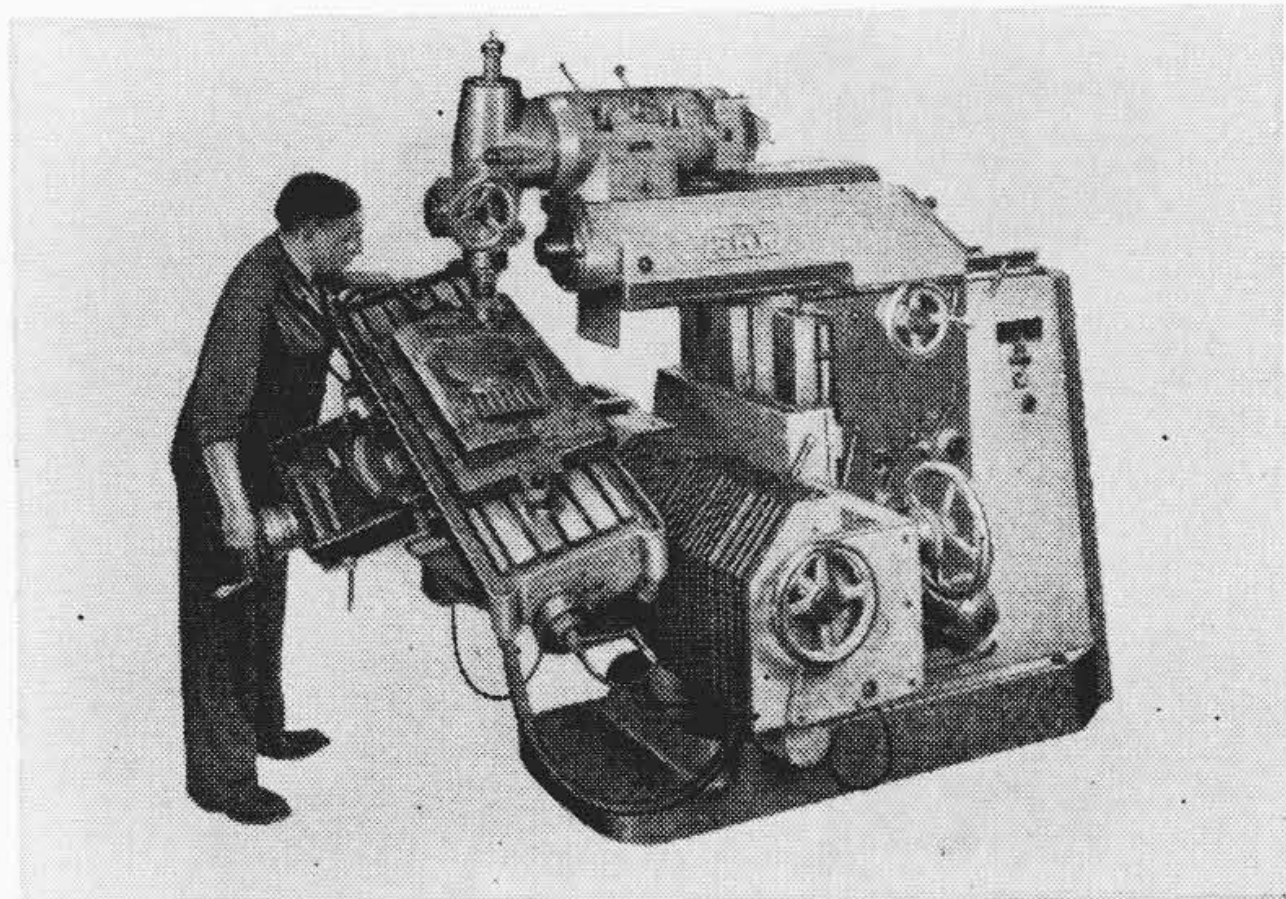
- (a) 主軸速度、送り速度の高速化
- (b) 動力消費量に対する切削効率の向上



第 14 図 日立製 No. 4 ラム型万能フライス盤



第 15 図 Schaublin のユニバーサルヘッド



第16図 Schwäbische 社 SHW UF 2 万能フライス盤

(c) 電動機馬力の増大と、これに伴って機械全体の剛性の問題

(d) 精度の保持

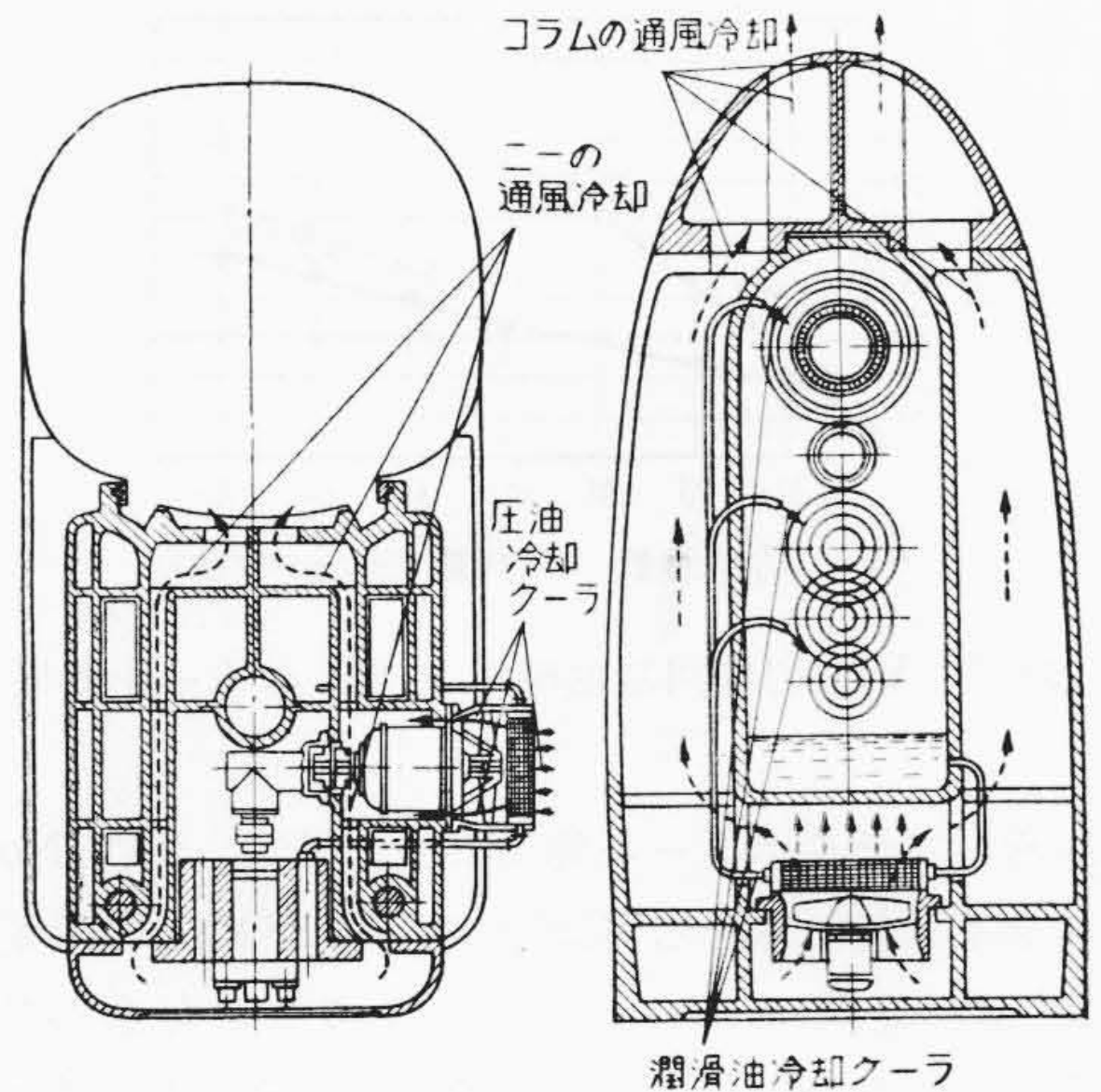
の5項目が特に主要な問題として考慮設計されている。

5.1 主軸構造

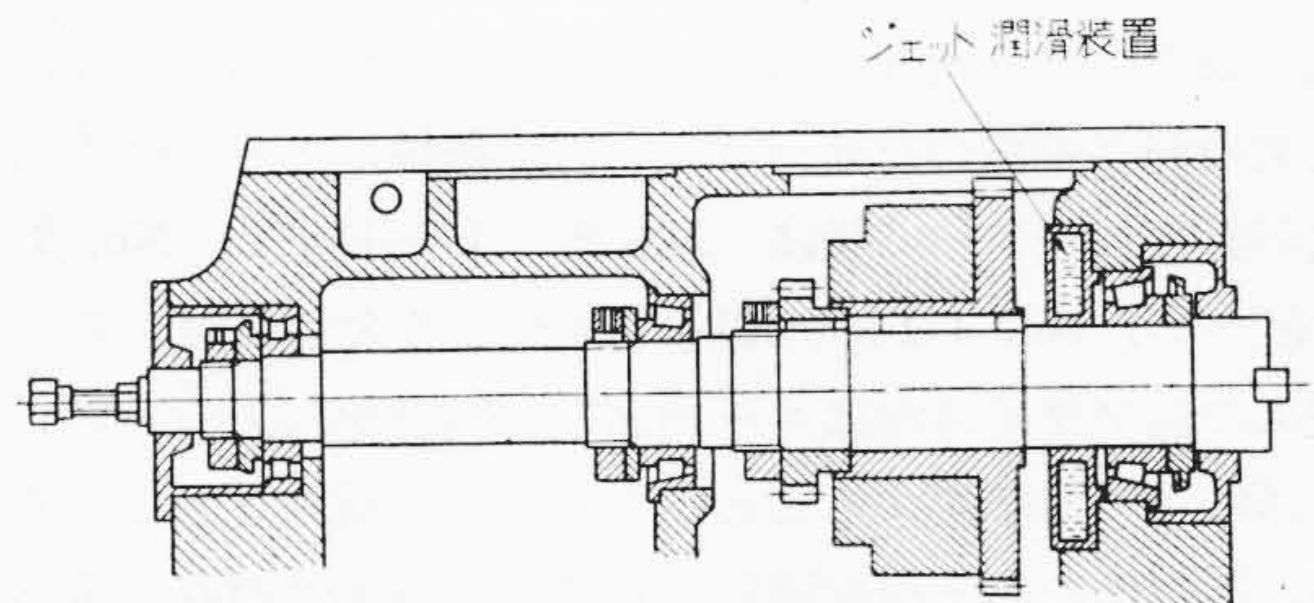
主軸軸受は米国 Cincinnati 社, Milwaukee 社などが円錐ころ軸受を使用し, 3点支持方式で主軸の剛性強化を計っており, わが国主要メーカの製品もおおむね米国方式を採用している。最近の主軸軸受の DN 値は, 150,000~200,000 以上に達し, 軸受の発生熱除去に意が払われている。ドイツ Heller 社のフライス盤は主軸回りが二重壁となっており, ニー内部と一緒に通風冷却を行って熱変形を防いでいる。また主軸軸受は円筒, スラスト玉軸受を用い主軸前端部は比較的単純なグリース潤滑を採用している (第17図参照)。日立製 No.4 立フライス盤主軸頭は, 従来の主軸頭単体のポンプ循環方式を廃して全体自動循環方式を採用し, 主軸軸受のジェット潤滑と相まって熱変形を防いでいる。第18図はこの潤滑方式を示している。

5.2 切削振動の除去

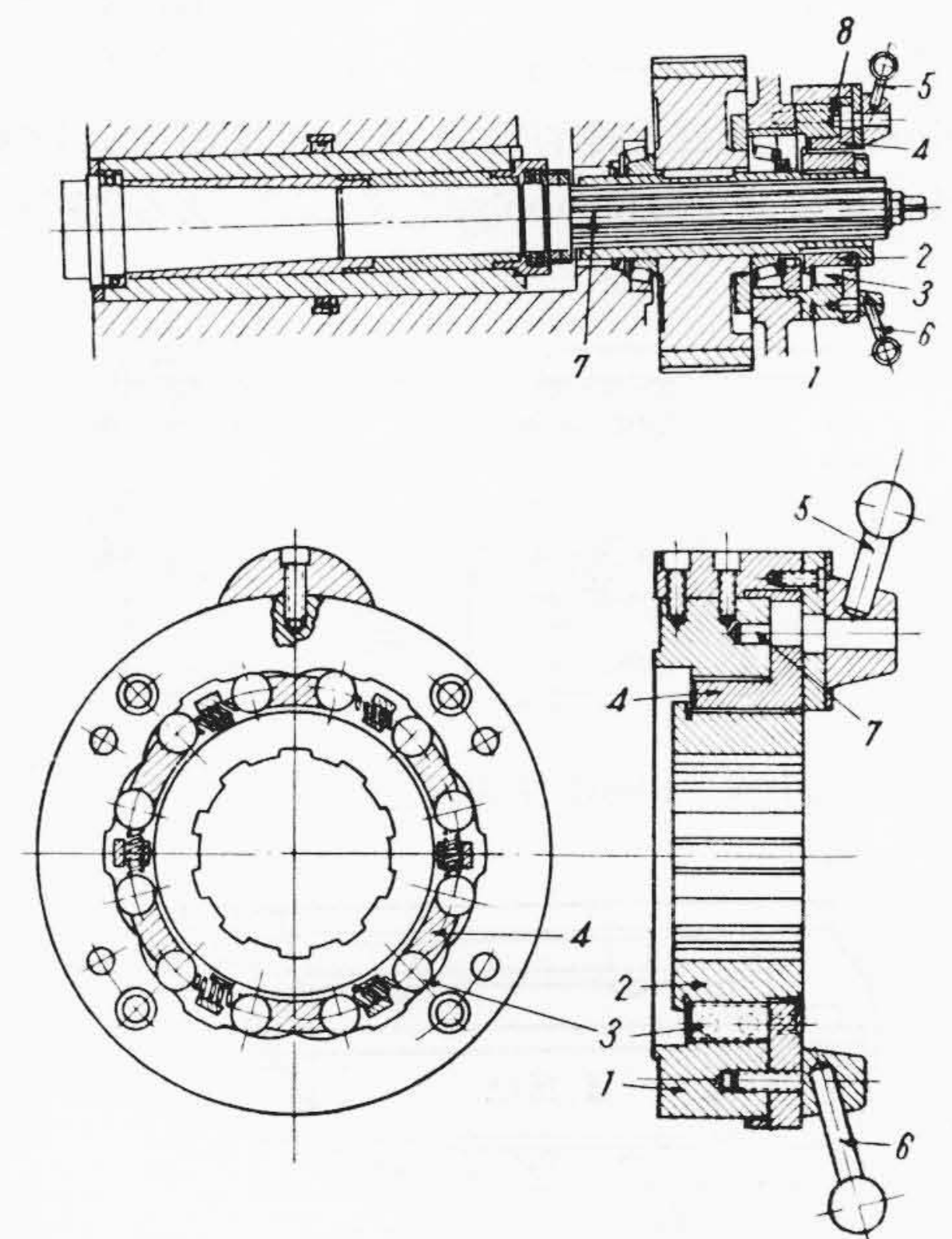
超硬工具刃先に微小衝撃力が加わることは, 工具寿命上好ましくないばかりでなく, 良好な切削面が得られない。切削衝撃を最小におさえて回転速度の均一化を計るために主軸のフライホイール効果が望まれる。国外国内を問わず大部分の一流フライス盤は, この方式を採用して高速重切削を可能にしている。低切削速度の場合, フライホイールの効果は起きないが主軸回転数 100~150 rpm 以上では, その効果は顕著となる。第19図に示す Gildemeister 社の主軸頭には, 6個のローラによるはね返し防止装置があり, ローラクラッチの原理を用いて主軸回転速度の均一化を計つてある⁽⁹⁾。この方式に対して回転軸のフライホイール方式が簡単で要をえたものとして採用されている。第18図に示すのは日立製 No.4 横フライス盤のフライホイールを装備した主軸を示すも



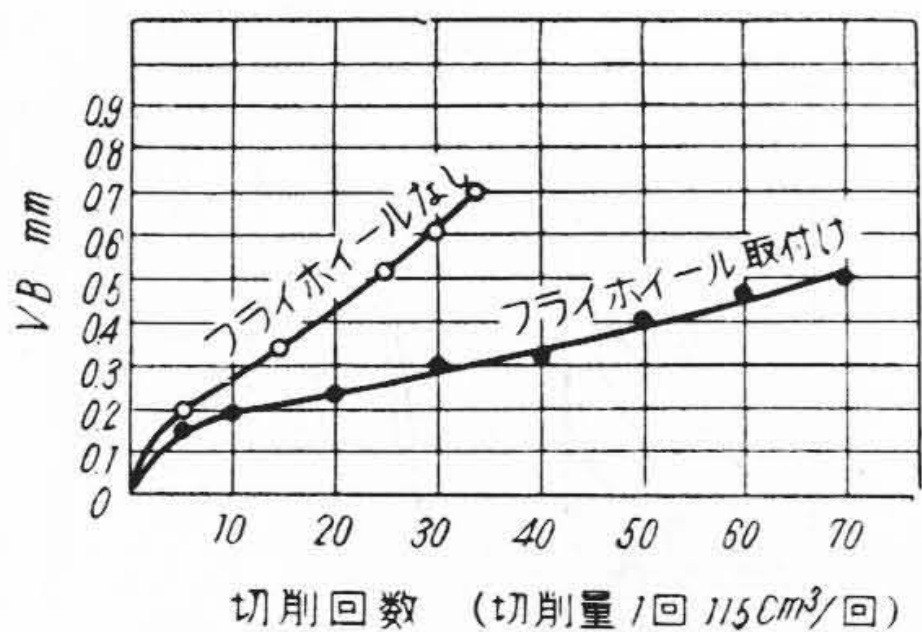
第17図 Heller 横フライス盤のコラム, ニー通風冷却



第18図 日立製 No.4 横フライス盤のジェット潤滑方式とフライホイールを装備した主軸

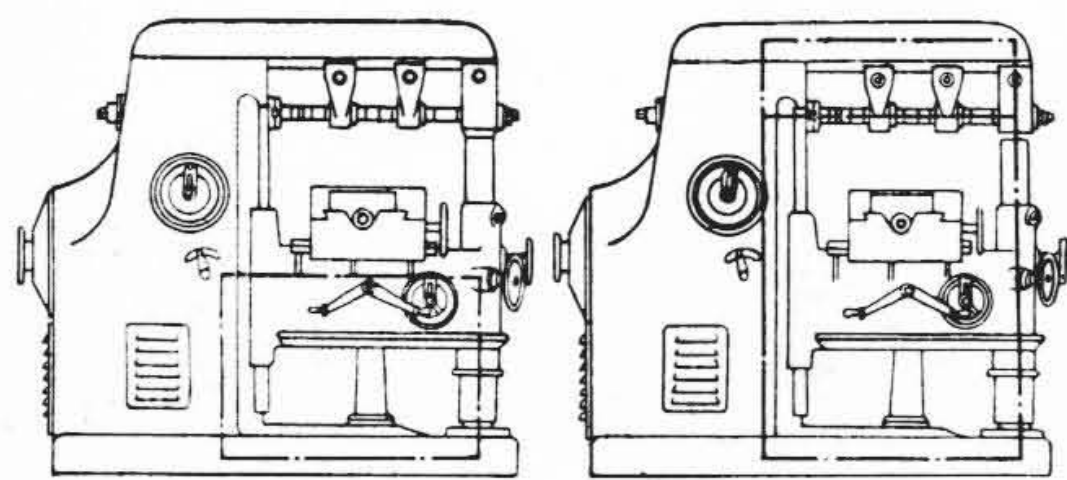


第19図 Gildemeister 主軸はね返し防止装置



第 20 図 VB-切削回数曲線のフライホイール効果

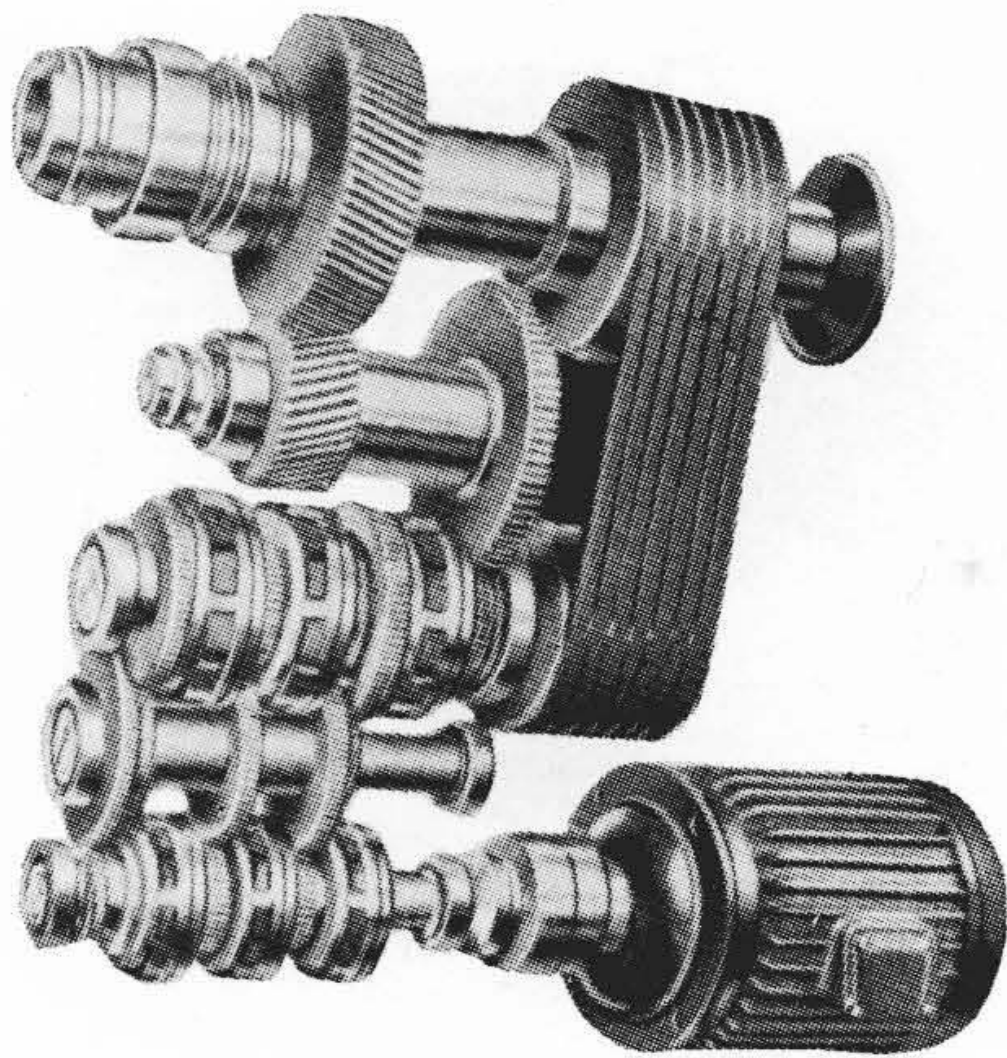
のである。フライホイール効果については、先に No. 2 立てフライス盤における実験⁽¹⁰⁾で重量 38 kg, 慣性能率 $38 \times 10^2 \text{ m}^2\text{-kg}$ のホイールを用いてカッタ寿命が 2 倍に増大した結果を示しており第 20 図はその実験結果を表わしたものである。フライホイール取付位置としては、主軸前端がねじれ、剛性の関係から望ましいが、Milwaukee 社のように、慣性能率の増大のために主軸後端に取り付ける場合もある。横フライス盤にあつては、従来の弱点であつたオーバアームの剛性、アーバ径の増大が計られ、アーバ径は No. 2, $1'' \sim 1\frac{1}{2}''$, No. 3 $1\frac{1}{4}'' \sim 2''$, No. 4 $1\frac{1}{2}'' \sim 2\frac{1}{2}''$ 以上に増大されている。従来の横フライス盤はニー前面との結合を、アーバブレイスによつて閉鎖することにより剛性の補助としているが、操作性をある程度犠牲にして機械の剛性のみを主眼とし、ニー前面に補柱を立てた閉鎖もある。第 21 図に示すのがこの種のものであり、図示のものは Rigid 社の横フライス盤であつて、この傾向は最近の欧州系フライス盤⁽¹¹⁾の一般傾向となつている。また積極的にオーバアーム内にバイブレーションダンパをそう入した例が、Cincinnati 社、日立製作所である。第 22 図に示すのは Cincinnati 社の“Dynapoise”の商標による防振装置



第 21 図 Rigid 閉鎖型フライス盤



第 22 図 Cincinnati Dynapoise 断面

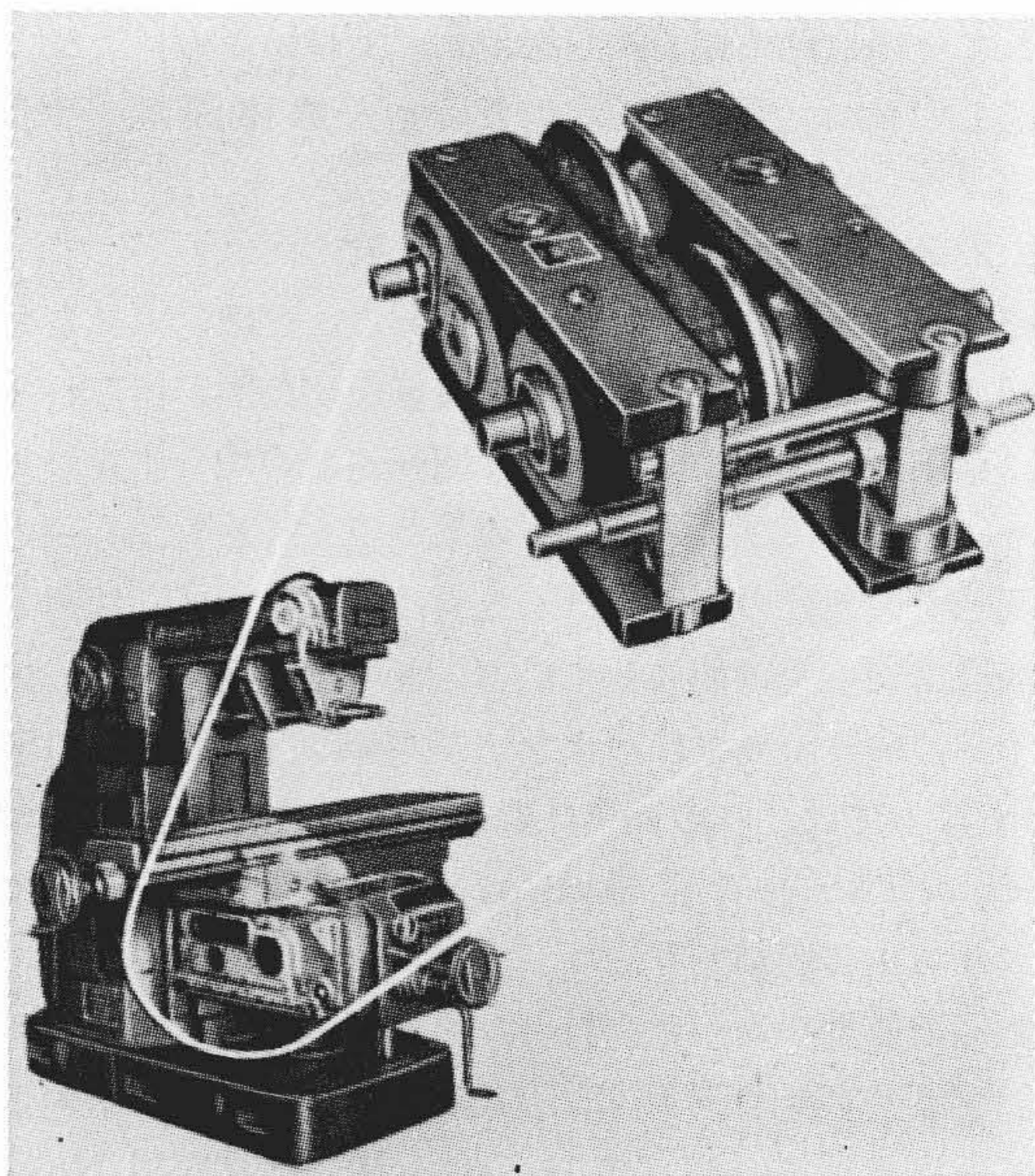


第 23 図 Heller 主軸歯車列

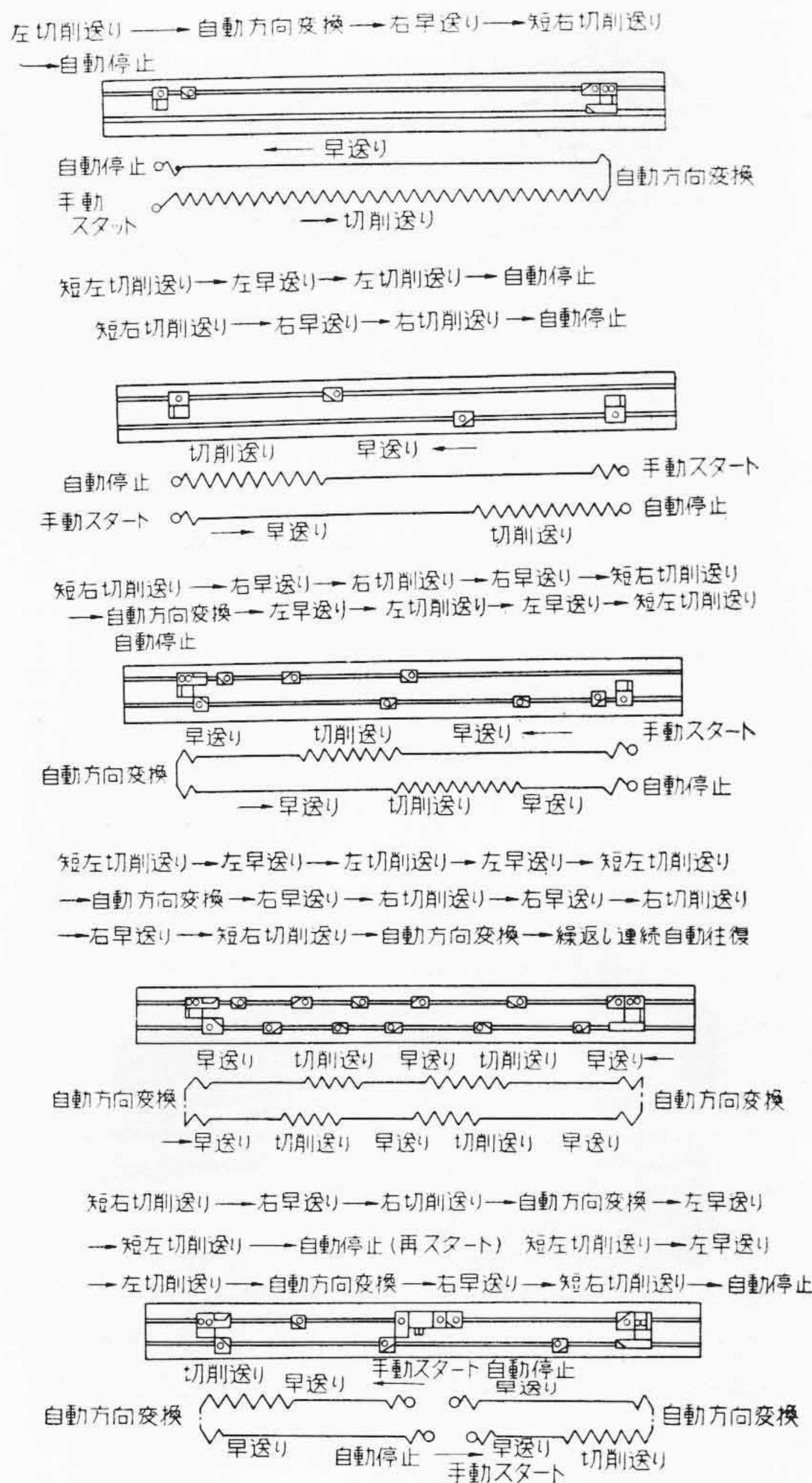
で、これらは、汎用機の操作性を主眼として採用された方式である。

5.3 速度変換機構

主軸速度の変換機構は、汎用作業を主眼としたフライス盤では歯車のスライド変換が依然大きな比率を示しており、変換時の微速回転方式と相まつて軽快な変換操作が可能となつている。Milwaukee, Cincinnati, 日立製作所は No. 3, No. 4 フライス盤に微速付の油圧歯車式変換を採用している。これに対してドイツの Heller 社、Fritz Werner 社などは、汎用フライス盤の型式で自動フライス盤にするために主軸変換にシンクロメッシュ方式を採用し、いずれも電磁クラッチによる瞬間変速を行つている。これらは電磁クラッチの残留磁気による摩擦



第 24 図 日立製フライス盤の無段変速送り装置



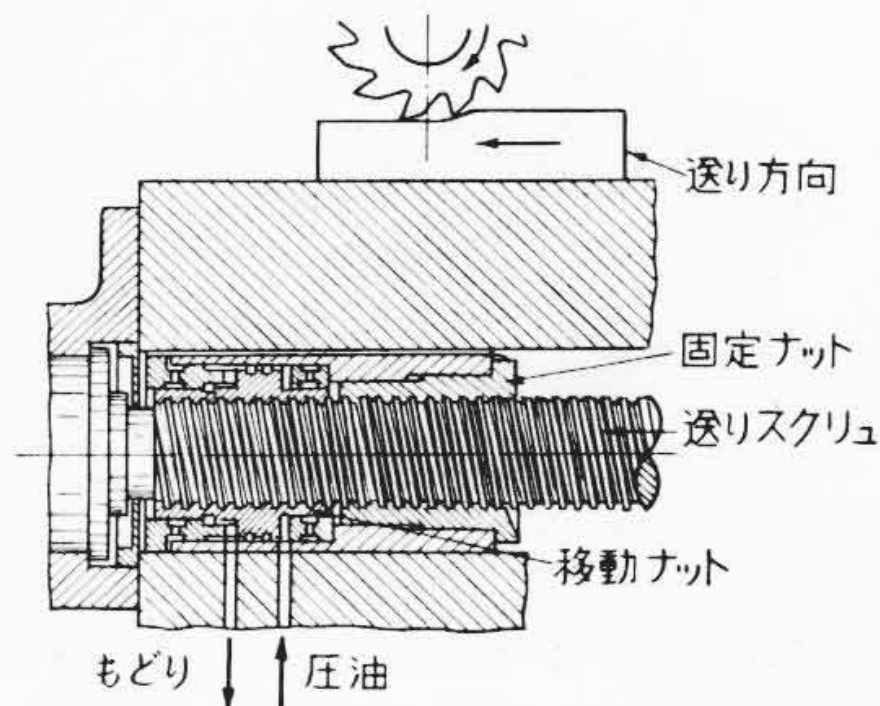
第25図 日立製 3MF, 4MF 自動サイクルプログラミング

熱、電気接点スリップリングの問題を克服して実用化されたものである。第23図に示すのはドイツ Heller 社の主軸の電磁クラッチ変換装置である。

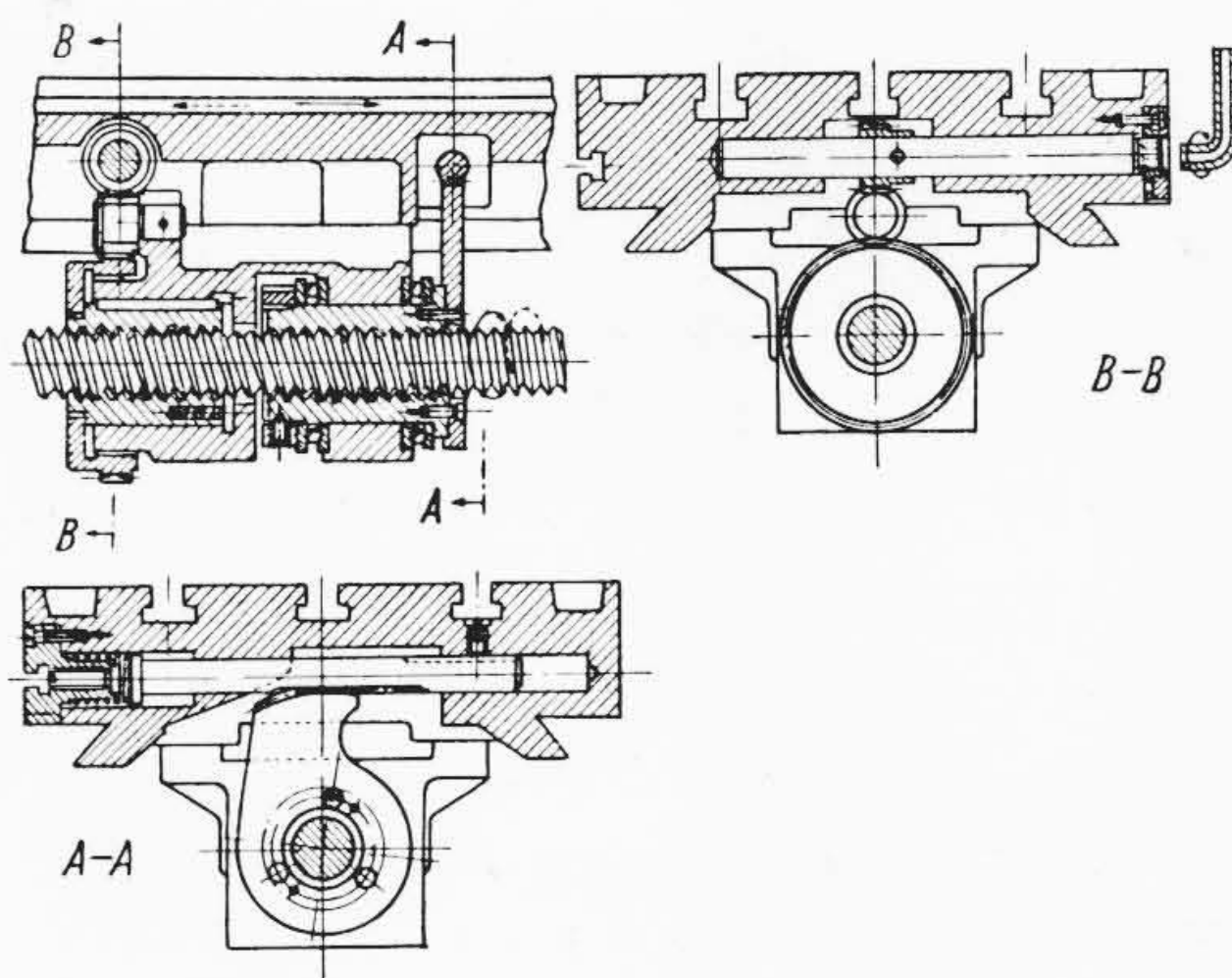
送り速度の変換は欧州、米国を問わず歯車スライド方式が依然として用いられ、大きな発達が見られない。しかしフライス作業が広範囲な加工品の生産に寄与している現在、送り速度の変換はひんぱんであり、細かな調整が望まれ、特に無段階変速装置が要望される。ドイツ Heller 社は油圧回転モータを使用し、日立製は第24図に示す、RS型ローラチェーン式PIV装置によつて、いずれも独特な方式を採用してこれを実現している。

5.4 自動サイクル方式

テーブル運動の自動サイクル方式は、米国 Cincinnati 社、ドイツ Wanderer 社、Löwe 社などで、ひざ型、生産型を問わず古く20年前より使用され、現在においても



第26図 軸方向スラスト式バックラッシュエリミネータ



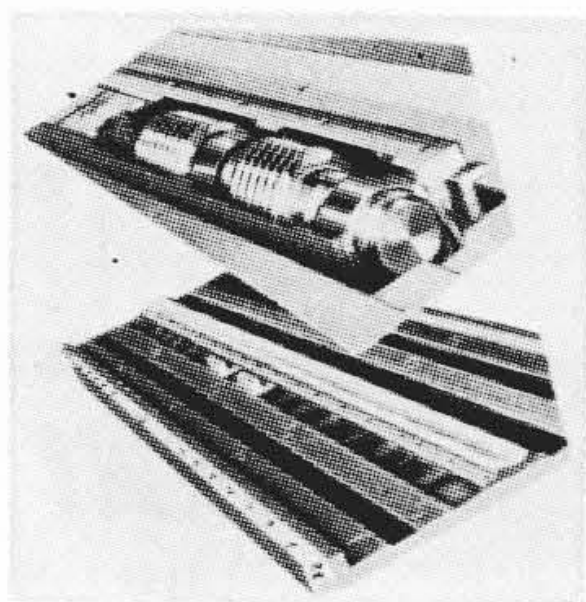
第27図 ねじれ式バックラッシュエリミネータ

機構的に大きな進展は見られない。最近のものは、低い送り速度における死点の除去に意が払われ、日立製 3MF, 4MF は油圧増圧装置、または電気接点を用いてこれを改良し、米国 Milwaukee 社はこれを油圧切換バルブ方式を採つて解決し、ドイツ Heller 社は電気接点によつてこれを解決している。第25図に示すのは日立製 3MF, 4MF の自動サイクルプログラミングの数例である。

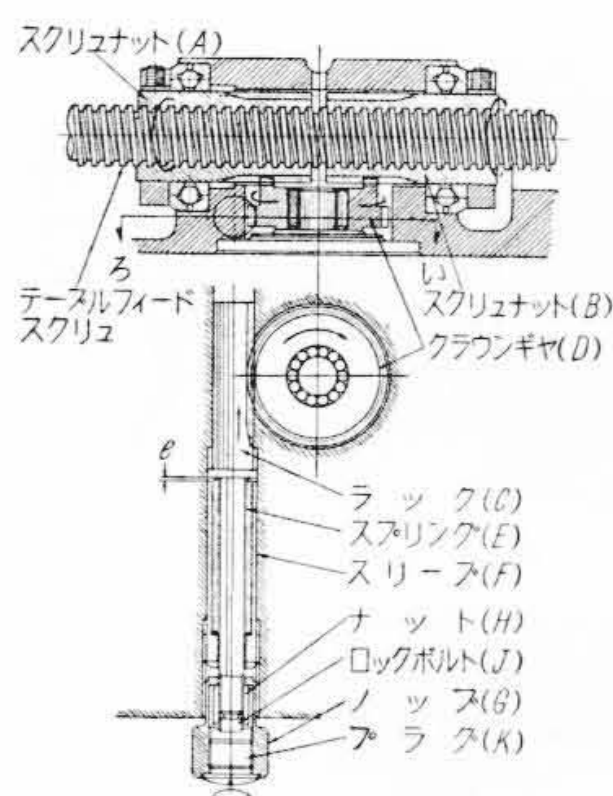
自動サイクル方式と最も密接なつながりのある問題としては、早もどり時のカッタの自動逃げ装置であるが、欧米のフライス盤でもこれを採用しているのは、いまだに数社にすぎない。日立製 3MF, 4MF 縦フライス盤にはこれが装備されている。自動サイクル方式は本来、テーブルの一次元運動にのみ採用されてきているが、ドイツ Heller 社、Fritz Werner 社、そのほか数社は三次元自動サイクルを実現している。国産のフライス盤では、いまだ完成されていないが、三次元自動サイクルは機構的にきわめて複雑となり、その停止位置決め精度に限界があるから、むしろ三次元ならいフライス盤、および数値制御フライス盤の方向を目指しているかにみえる。

5.5 バックラッシュエリミネータ

下向き削りが消費動力、カッタ寿命などに効果のある



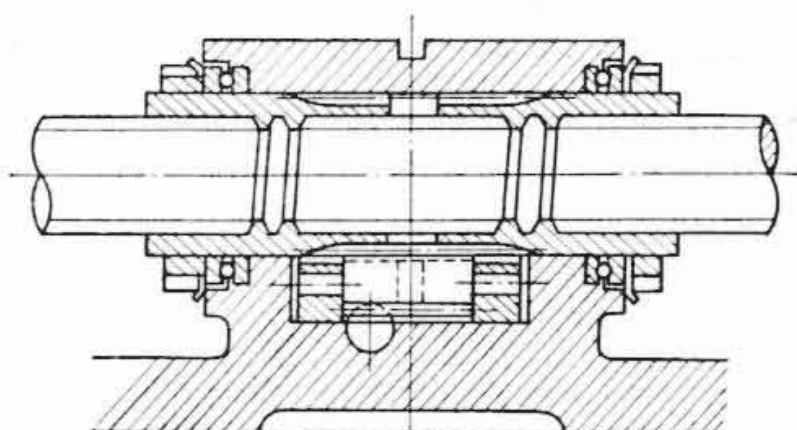
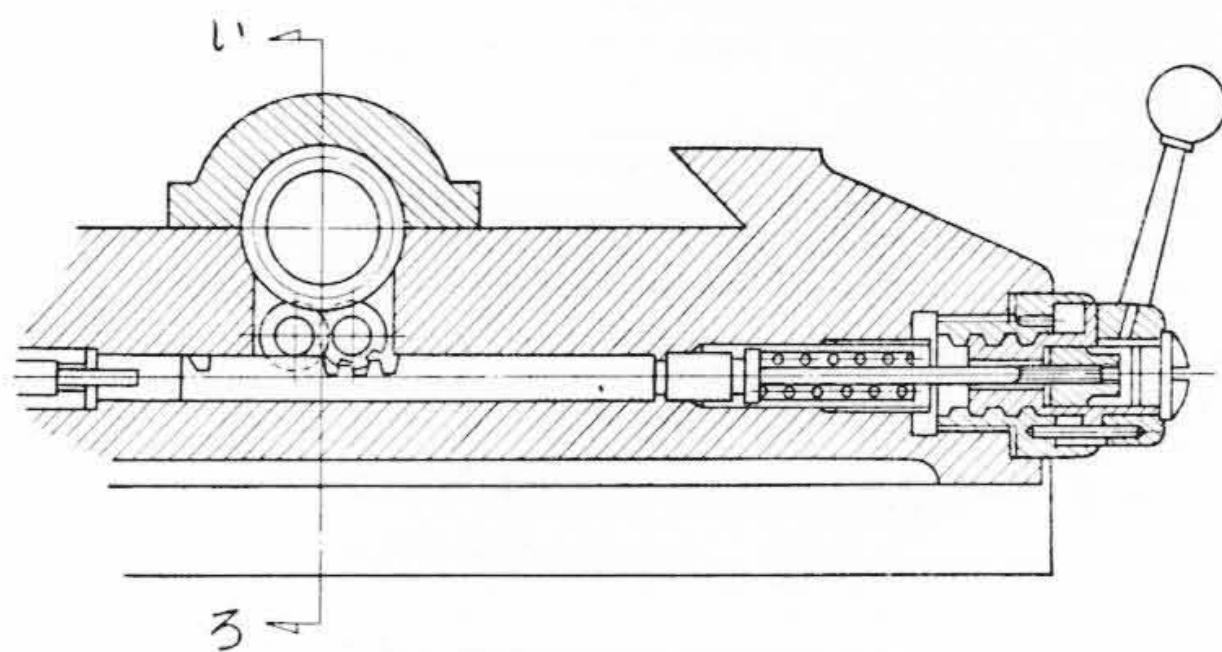
第 28 図 ダブルウォーム式バック
ラッシュエリミネータ



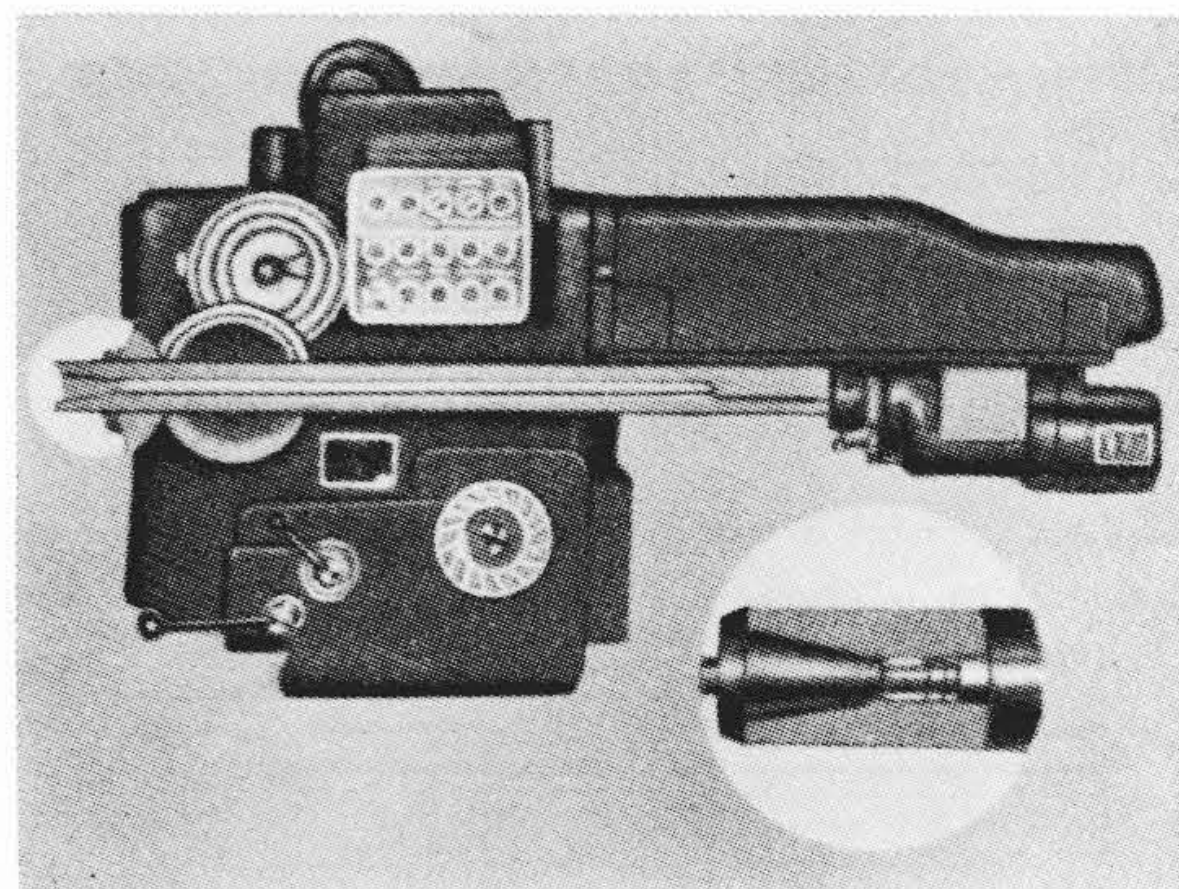
第 29 図 Cincinnati 社フライス盤の
バックラッシュエリミネータ

のはすでに一般常識となっており、最近のフライス盤ではひざ型、生産型、プラノミラーを問わず広く普及されている。下向き削りの採用で必然的に付随するテーブルスクリュウのバックラッシュエリミネータは、各社がそれぞれ独得の機構のものを使用して効果を上げているが、機構的に大別すると、ダブルナット方式にねじれトルクを与えるものと、軸方向スラストによる背げきの除去とがある。ねじれ方式は一般に単純で使用範囲が広く、国産フライス盤も大部分がこの方式である。

第 26 図に示すのは、軸方向スラスト方式で⁽¹²⁾、Cincinnati が採用してきたもので、移動ナットを油圧の切り換えによつて左右に移動させてバックラッシュを取るものである。第 27 図はねじれ式⁽¹²⁾で Officia Meccanica Olivetti S. pA の例であり、第 28 図は Köllmann のプラノミラーに使用しているウォーム、ラック駆動におけるダブルウォーム方式によるバックラッシュエリミネータである。Cincinnati の新型フライス盤では、自動バックラッシュエリミネータを取り付けて、従来の機構から脱皮を計り効果をあげている。これは第 29 図に示すダブル逆ねじれ方式で、テーブルに送りをかけるとまず軽い力で自動的にバックラッシュを除き、下向き削りに入ると送り分力の力に応じたテーブルスクリュウの回転トルクにより、自動的にバックラッシュが除かれるもので



第 30 図 日立製 No. 3, No. 4 フライス盤のバック
ラッシュエリミネータ

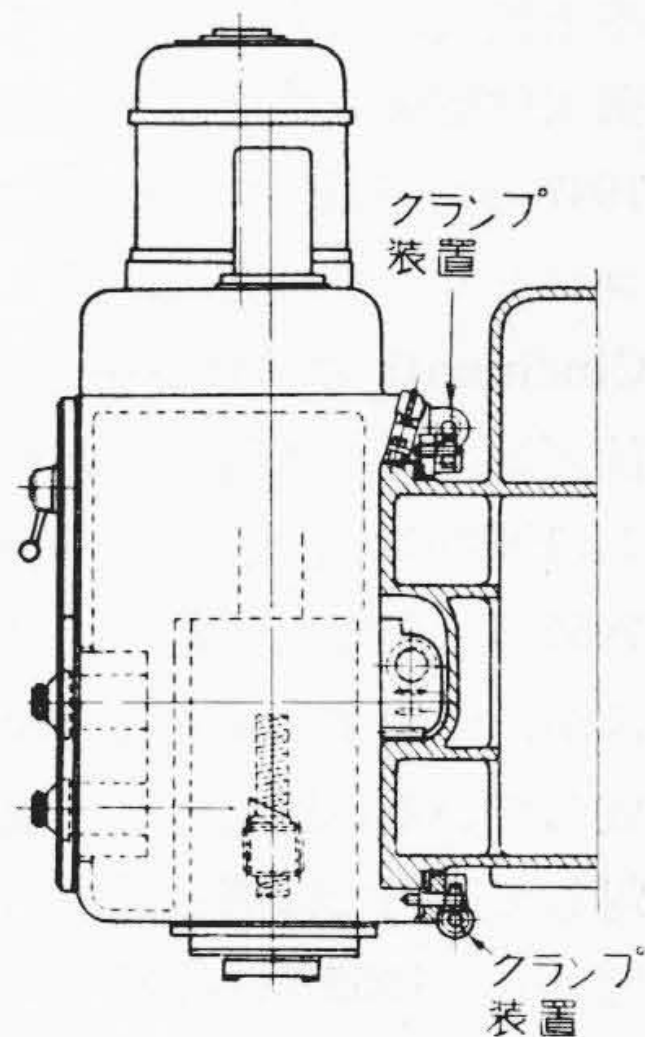


第 31 図 Devlieg 自動クランプ装置

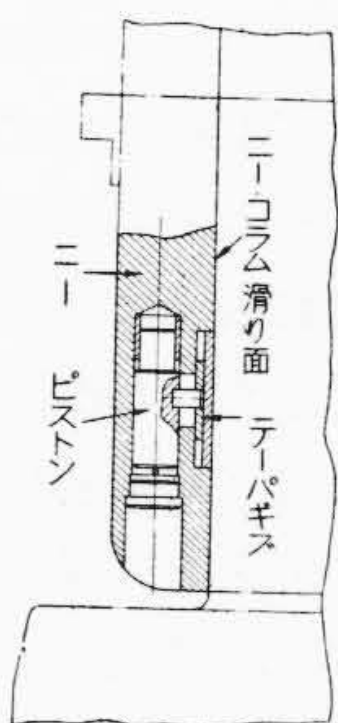
ある。第 30 図に示すのは日立製 3 MF, 4 MF に使用しているバックラッシュエリミネータで、ラックとピニオンとによるダブル逆ねじれ方式のものである。

5.6 クランプ装置

クランプ装置は、カム方式またはくさび式で手動によるレバー操作のものが従来から使用され、今もなお小型フライス盤に利用されているが、最近では中型、大型フライス盤にはトルク電動機によるものや、油圧方式によるものが使用されてきている。これは操作性をあげてより能率的なフライス作業をするためと、クランプの確実さを狙ったものである。第 31 図に示すのは、Devlieg 生産ジグミルのカッター、ドロ잉バー自動クランプ装置であり、Cincinnati, Milwaukee 社のひざ型立フライス盤もアタッチメントとして装備している。わが国内フライス盤においてはいまだに経済的理由でこの方式は採用されていないが、やがてはこれの常備されたものが出現するであろう。第 32 図に示すのは、ドイツ Heller 社プ

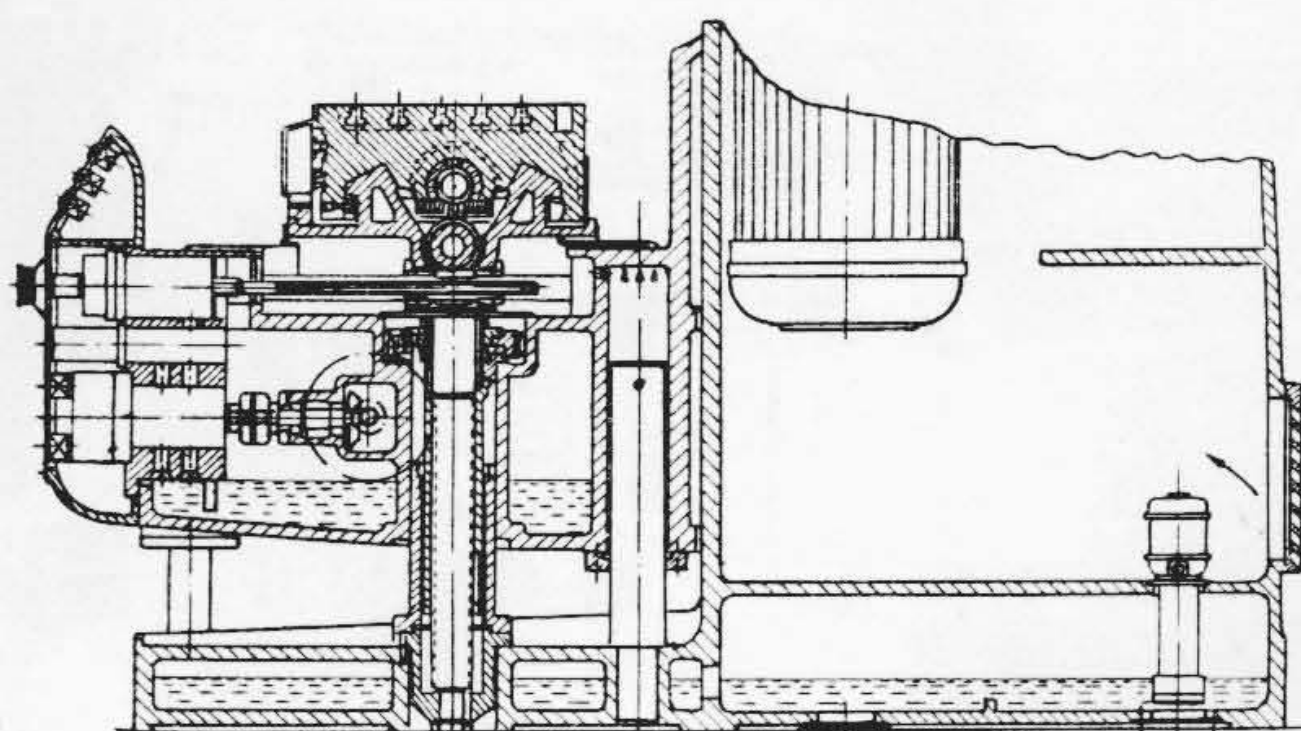


第32図 Heller の油圧式クランプ装置



第33図 日立製フライス盤のニーとコラムの油圧式自動クランプ装置

ラノミラーのカッターヘッドの油圧クランプ装置で、大型フライス盤における操作の容易な点が特長である。ドイツ Heller 社 FH, FU, 日立の 3MF, 4MF, ひざ型フライス盤では、ニーとコラムガイド摺動面に自動クランプ装置があり、いずれも油圧式でニーの上下動の送りが停止すると自動的に油圧クランプが掛り、ニーを緊定して精度の維持、剛性の強化につとめている。第33図に示すのは日立製、ひざ型フライス盤のニーとコラムの自動油圧クランプ装置である。最近の強力ひざ型フライス盤にあつては、ニーの重量のみでも 2t 以上に達し、従来の構造をそのまま拡大しただけでは精度の維持、手動による操作性が困難となり種々の補正装置が考えられている。たとえば Cincinnati No. 3, No. 4, No. 5 などではニーの下降早走りの停止時のゆきすぎを防ぐために、摩擦多板式のブレーキを有し、Milwaukee TF型, No. 4, No. 5 などは、バーチカルスクリューを2本としてニー全重量をささえ、上昇、下降時の横振れを防いでいる。Heller, 日立 3MF, 4MF 型などは強大なるバーチカルスクリューと並列して、油圧バランスシリンダを備え、操作性の軽減とともに上下運動における前後振れを防ぐ



第34図 Heller 油圧バランスシリンダ

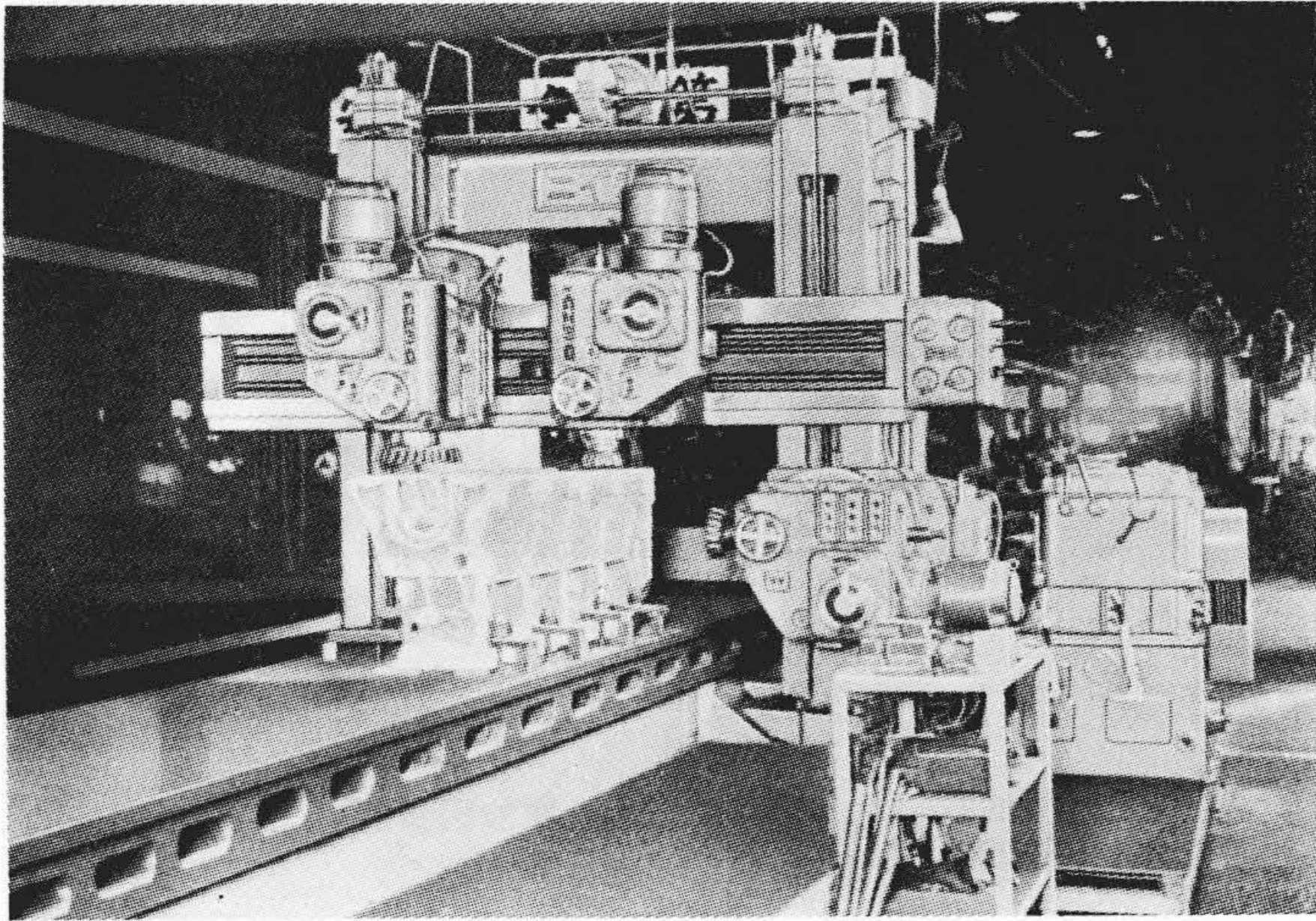
特殊な補正を行つている(第34図参照)。

6. ミリングユニットによるプラノミラー化

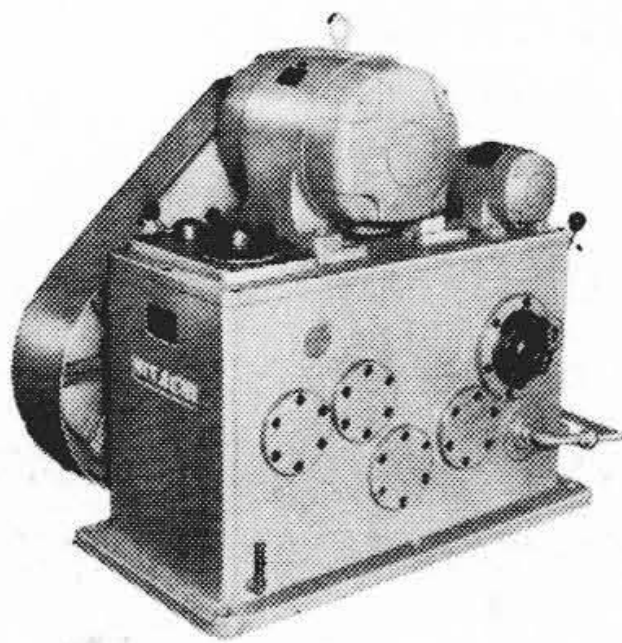
プラノミラーがフライス作業の発展に伴つて顕著な能率増進を示している事実は既述のとおりである。量産部品や、長物または大物部品のフライス切削にはプラノミラーは、まさに至宝的存在であり、近年ますますこの需要が増大しつつある。ドイツ Heller 社, Köllmann 社, 米国 Gray 社, Cincinnati 社, 英国 Kendall & Geur 社, Noble & Lund 社などの各国主要メーカーはこれらの需要に応じている。しかし比較的安価で十分その性能を発揮でき、能率生産の要望に即応できるのが、ミリングユニットによるプラノミラー化である。日立製 3HP, 5HP, 7½HP, 15HP の各ミリングユニットは、かかる見地からすでに百数十台の納入実績を示しており、ミリングユニットによるプラノミラー化が生産性向上に寄与している役割の大なることを示している。ミリングユニットは、汎用工作機械として当然要求されるべき性能、精度をもつており、さらに小型で重量も軽いというユニットの本質も兼ね備えているので、その応用性はきわめて広いものである。

その一例を示すと、平削盤の刃物台を置き換えてプラノミラーとする方法が最も多く、平削盤の広いテーブル作業面を利用して大物部品や長物部品の加工または、小物の量産部品を多量生産する目的のためである。第35図に示すのは、新潟鉄工所製、20呎平削盤を日立製 7½HP ミリングユニット3台を使用してプラノミラー化したもので、内燃機関のクランクケースの加工では、従来の平削盤加工に比し、加工時間が 43.8% の低減を示している。

平削盤をプラノミラー化する際付随する問題として、テーブル送り速度の減速があるが、日立製 5HP, 10HP 減速装置は、テーブル速度を減速しさらに8段階の速度変換が行えるようになっている。送りの起動および停止、早送りへの切り換えは、電気—油圧方式をとつてい



第 35 図 日立製 7.5 HP ミリングユニットによる
平削盤のプラノミラー化



第 36 図 日立製 10 HP 減速装置

るから、ペンダントスイッチにより作業位置からリモートコントロールが可能である。第 36 図には、日立製 10 HP 減速装置を示す。ミリングユニットは、このほかに遊休機械や廃却機械の一部をいかして利用すれば、単能機や専用機械あるいは汎用機として広範囲に利用することができる。たとえばプレーナのベッドとテーブルに、ターニングのハウジングとクロスレールを組合せて改造したプラノミラーとか、ターニングのベッドとテーブルをいかし別にミリングユニットを立型に取り付けた平面ロータリミリングマシン、あるいはボーリングマシンのテーブルとベッドをいかしテーブル両側のベッド上にミリングユニットを横型に向き合せて取り付けた長さ決め専用機などである。

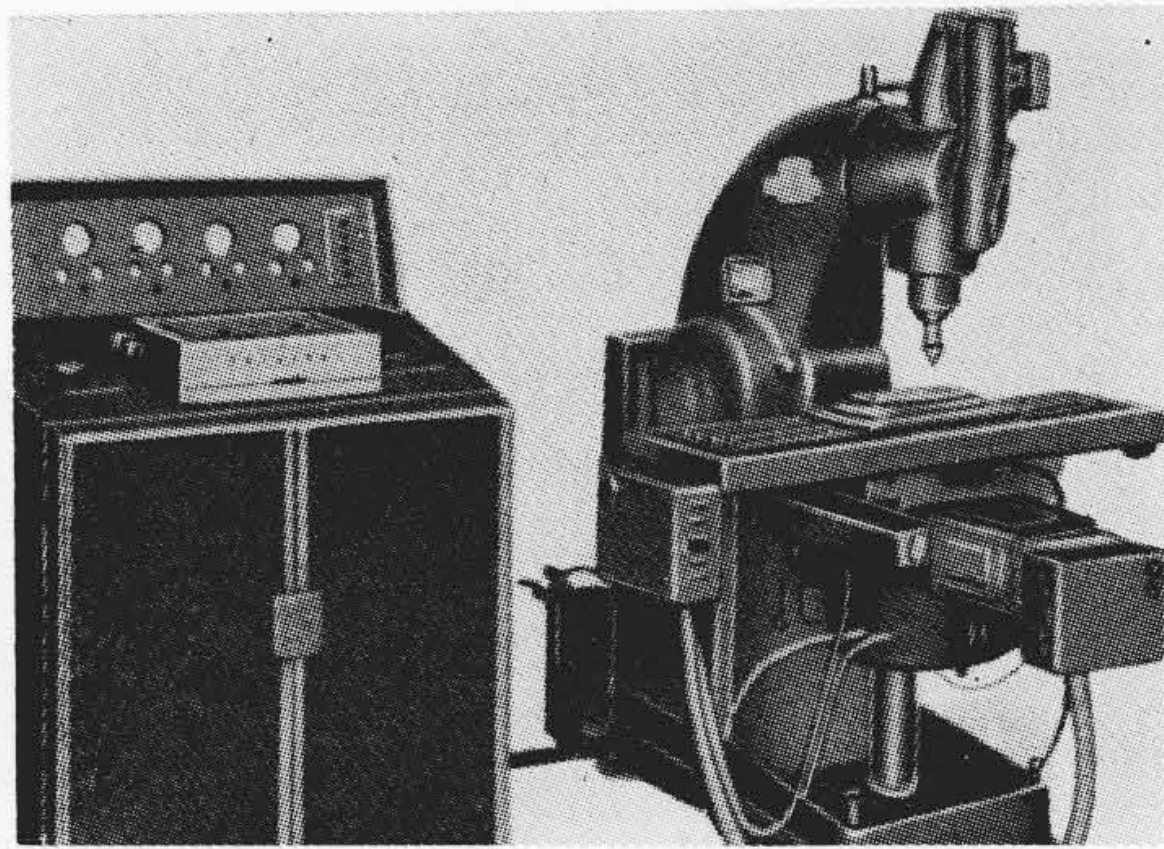
7. 数値制御フライス盤

フライス盤における形状切削、中ぐり盤における位置決めなどは、初めて数値制御を工作機械に応用した機種とされている。その後特に米国においては、ジェット航空機生産用スキンミラーへの実用化に成功して、生産能

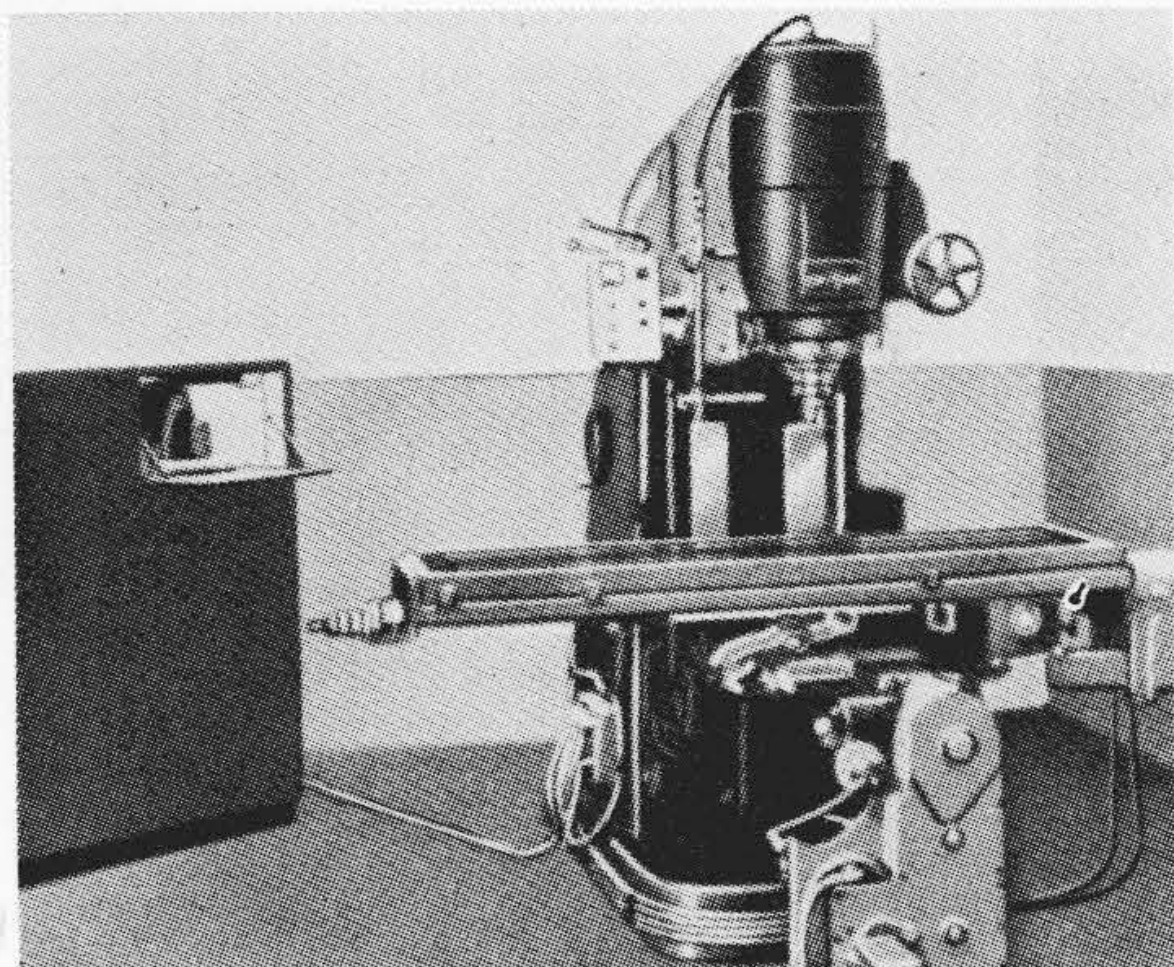
率上絶大な偉力を発揮している。数値制御工作機械の歴史はまだ新しいもので、1947 年の G.E のレコードプレイバック、コントロールの発表に始まり、M.I.T は、Cincinnati の Hydro-tel を使用した数値制御フライス盤の研究を 1949 年に開始し、1952 年に完成した。英国 Ferranti は 1952 年に研究を開始し、フライス盤そのほかに応用する装置を 1956 年までに完成している。以上のような国外の状況に対して国内では機械試験所が基礎研究を開始し、1955 年にはパラメトロンによる位置制御実験機が完成され、東京大学生産研究所は 1956 年にデカトロンによる計数型サーボの試作が一応の成果をあげ、1957 年に入つて東京工業大学精密研究所は、M.I.T 方式に近い本格的数値制

御のならい旋盤の成功をみた。1958 年 3 月、日立製作所は機械試験所の数値制御研究に協力し、デジタル制御用立フライス盤を製作した。わが国内も数値制御の分野は、電子工学の進歩により比較の出足が速く、将来の発展が望まれている現状である。現在数値制御方式は目的により、位置制御、形状切削制御に大別され、制御方式のブロックダイアグラムより分類すれば、デジタル指令によるデジタルサーボ・アナログパワースーボ (M.I.T 方式)、デジタル指令によるデジタルサーボ (Ferranti 方式)、デジタル指令によるアナログサーボ (B.T.H, E.M.I 方式) などに大別されている。いずれの場合も次の特長を有している。

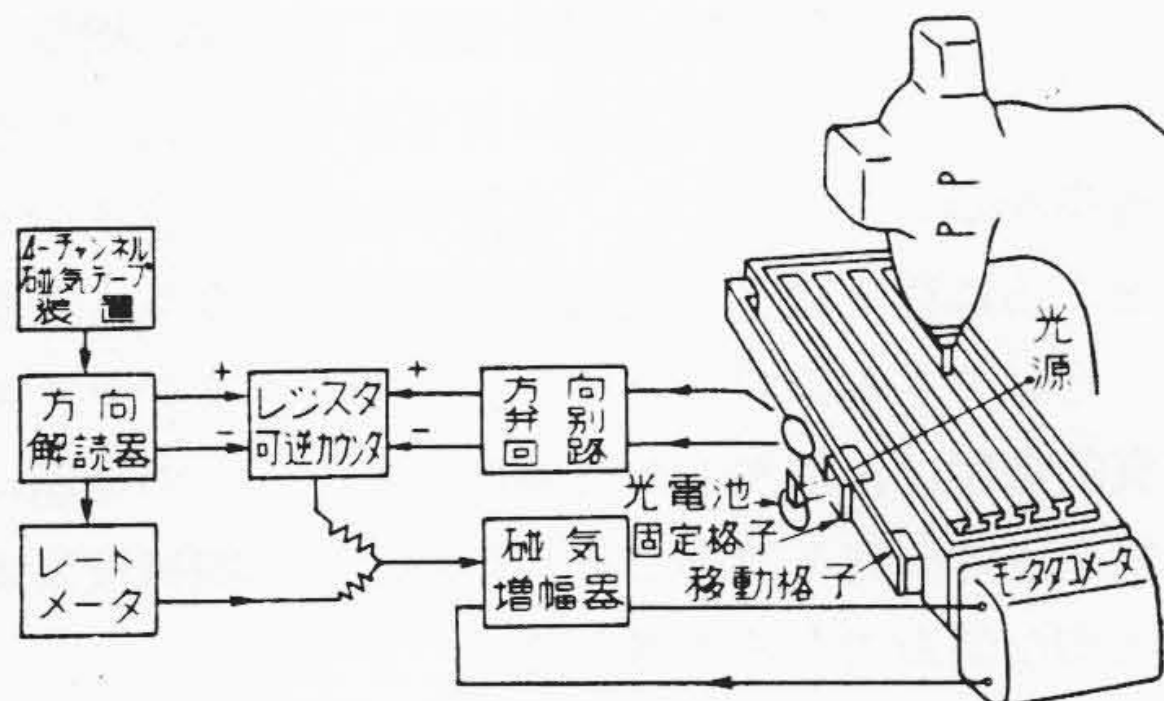
- (1) 作業のフレキシビリティが広い：作業段取りはテープ交換で済み、治工具は不要で、作業準備時間が短い。テープせん孔カードの保存、輸送が簡便でいわゆる多量生産のみならず、多機種少量生産に大きな偉力がある。
- (2) 加工能力の増大：アイドルタイムが短縮され、送りの数値制御により純切削時間を理想的に短縮する。
- (3) 加工精度：数値制御は機械全体の精度に依存せずに、フィードバック機構の精度をおさえれば、従来より高精度加工が容易に得られ、人為的誤操作がなくなる。
- (4) 経済性：現在の M.I.T 方式は、きわめて高価とされているが、テープ作成のプログラミング、デジタル、コンピュータなどが高価であり、テープリーダ以後の制御装置は、従来の自動加工に比べて高価とはいえない。したがって高価なテープ作製までの機構を共用にして、個々の機械に比較的安価なテープリー



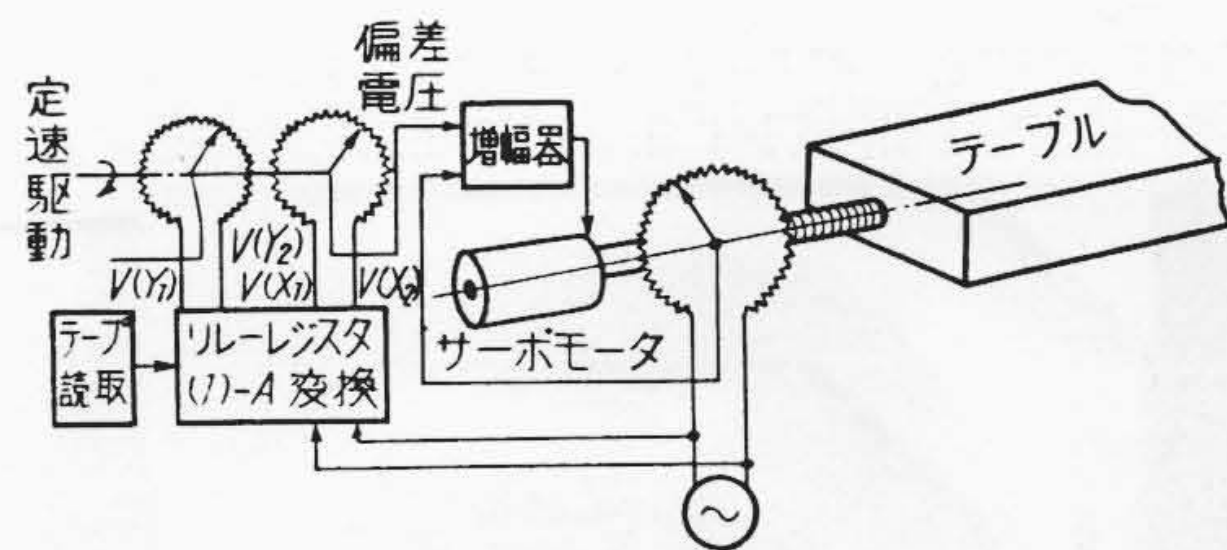
第 37 図 Ferranti 数値制御フライス盤



第 39 図 E.M.I 数値制御フライス盤



第 38 図 Ferranti デジタルサーボ機構のブロック線図

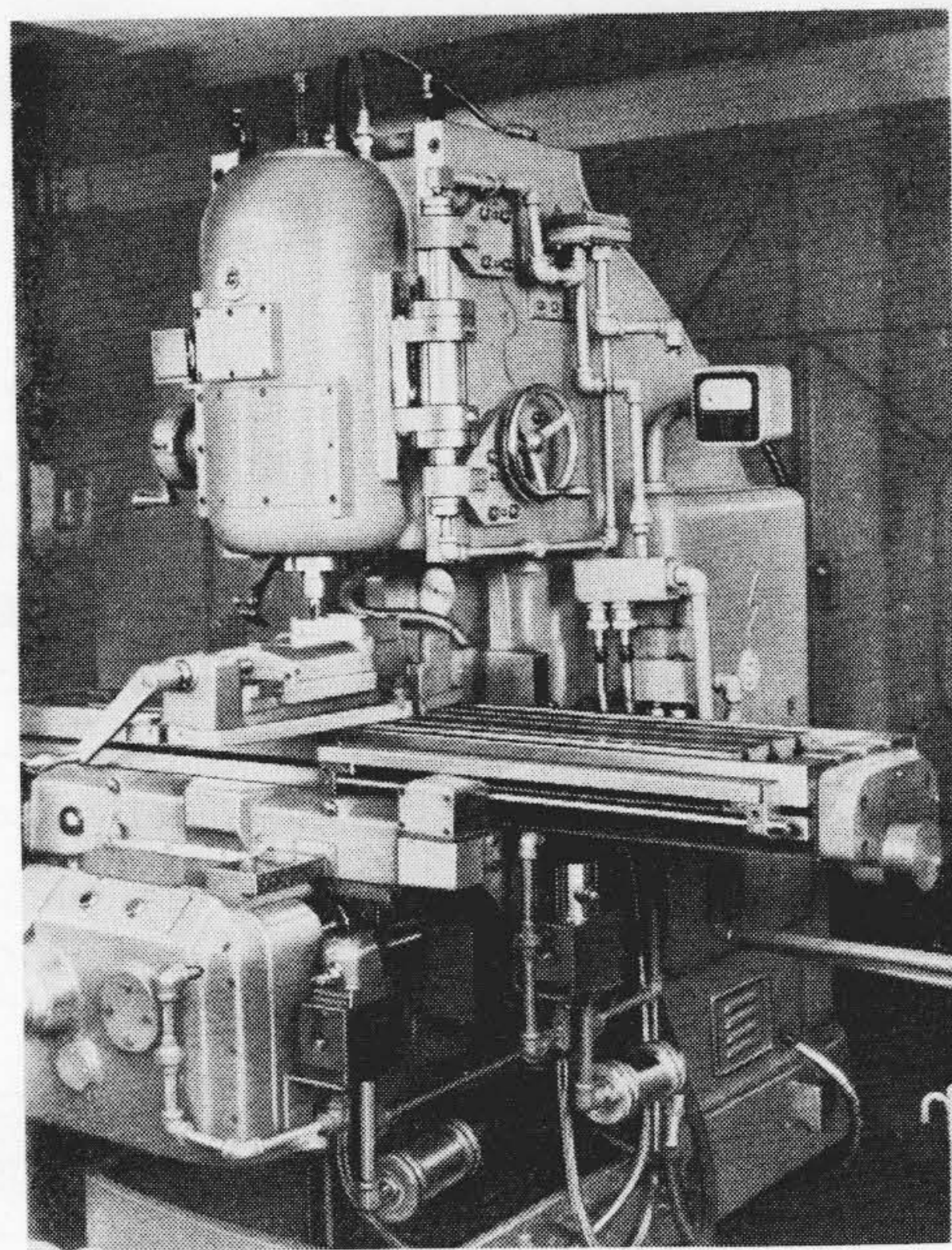


第 40 図 アナログ補間法

ダ以後の数値制御装置を取り付けることにより、従来の自動機、トランスファマシンなどによる自動化に比べて、経済性はすぐれていると考えられる。特に高精度加工とか、少量多種生産の自動化が可能になることを考えると、その経済性は決定的となる。

第 37, 38 図に示すのは、1956年のロンドン、マシンツールショウに展示された Ferranti 数値制御方式による、Milwaukee No. 2 立フライス盤で三次元制御である。専用のデジタル・コンピュータを有し、曲線変化、点座標、曲線の方程式、カット径などを間歇的制御指令から連続的制御、パルス指令を計算し、磁気増幅器と直流電動機により、テーブル駆動をし、切削位置の検出はテーブル上の可動格子と固定格子の相対運動による Moiré しまを光学的に取り出してフィードバックする。工作精度は格子精度で決定され、1 パルス移動量 2.5μ 、総合保証精度 $\pm 0.0125 \text{ mm}$ である。

第 39, 40 図に示すのは、前者と同時に展示された E. M. I. 数値制御方式⁽¹³⁾を応用した、Cincinnati No. 3 立フライス盤である。E. M. I. 方式は Ferranti 方式と異なり、パルスを使用しないアナログ・サーボ方式で工具中心軌跡を相隣れる 3 点でインターポレートとしており、各折点の座標値が順次テープにパンチされ、1 ブロック間を移動する時間は別にプリセットされた値で決めら



第 41 図 数値制御方式による No. 2 $\frac{1}{2}$ フライス盤

れている。第 41, 42 図に示すのは、日立製作所が機械試験所に協力して目下実験中の数値制御フライス盤⁽¹⁴⁾である。これは日立製 No. 2 $\frac{1}{2}$ 立フライス盤を改造したものであり、一応 M. I. T 方式に準じた数値制御方式を採用したものである。

- (9) Pohl: Werkstattstechnik u. Maschinenbau, 44, 9 (1954), 437
 (10) 岡部: 日立評論 37, 5 (昭 30)
 (11) Pohl: Werkstattstechnik u. Maschinenbau, 44, 12 (1954), 615

- (12) Pohl: Werkstattstechnik u. Maschinenbau, 44, 12 (1954) 619
 (13) Koenigsberger: Werkstattstechnik u. Maschinenbau 44, 12 (1954) 619
 (14) 工業技術院機械試験所 (昭 33)



新案の紹介



実用新案 第 436720 号

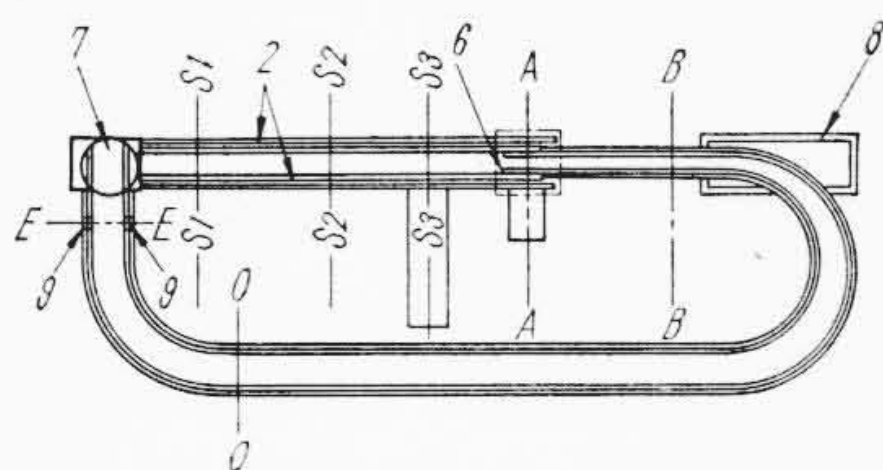
中 村 昌 夫・真 田 郁 夫

ワークテーブルの自動帰還装置

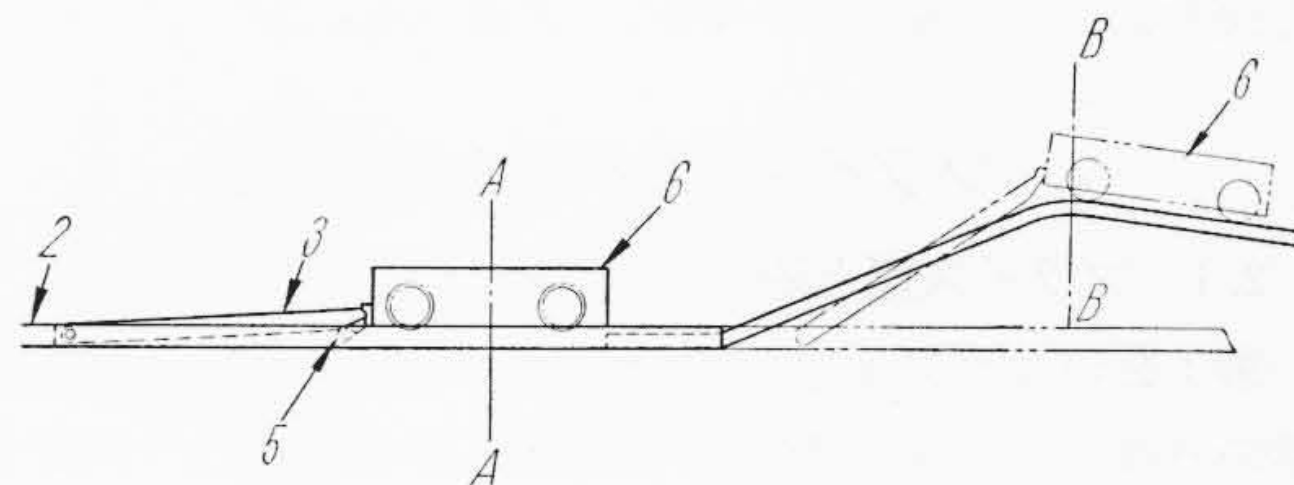
この実用新案は、被加工物を塔載した車輪付ワークテーブルが加工完了位置に達すると、重力によりもとの被加工物塔載替位置まで自動的に帰還するようにしたものである。

第1図に示すごとくワークテーブル(6)が往復動エンジン(8)に連動して往復動する原動機(2)、(2)により各ステーション(S₁), (S₂), (S₃)間を移動して被加工物が加工され、最後のステーション S₃ にて加工完了すると、第3図および第4図に示すごとくその後方位置にあるレバー(3)、(3)の先端部がバネ(5)により持上げられ、原動機(2)、(2)の前進移動に伴ってワークテーブル(6)の後部に設けた穴(9)にはまるので、ワークテーブル(6)は(A)-(A)位置より(B)-(B)位置までの

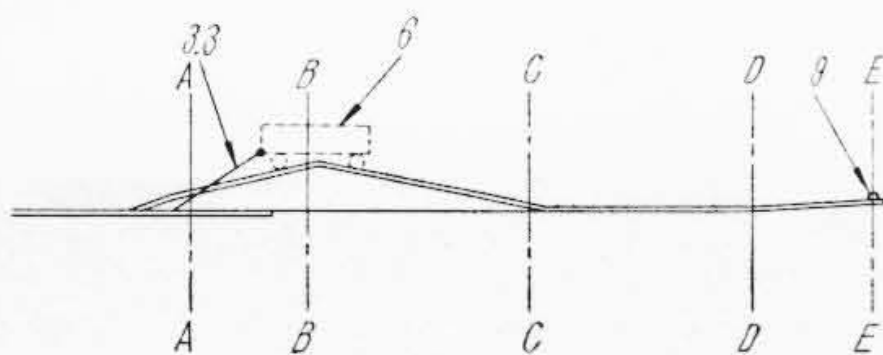
上り勾配を登り始める。ワークテーブル(6)が上り勾配の頂上(B)-(B)位置に達すると、第2図および第3図に示すごとくそこから下り勾配になつていたので、ワークテーブル(6)は上記レバー(3)、(3)の先端部より自動的に離れて下り始め、加速されて(C)-(C)位置より(D)-(D)位置までの平坦部を通過し、さらに余勢をもつて(D)-(D)位置より(E)-(E)位置までの上り勾配を登り、緩衝駒(9)に当って停止する。そこで人手によりワークテーブル(6)を移動してターンテーブル(7)上にのせて被加工物の塔載替をした後、第一ステーション(S₁)-(S₁)まで運行させ、以下上記作用を繰り返すのである。



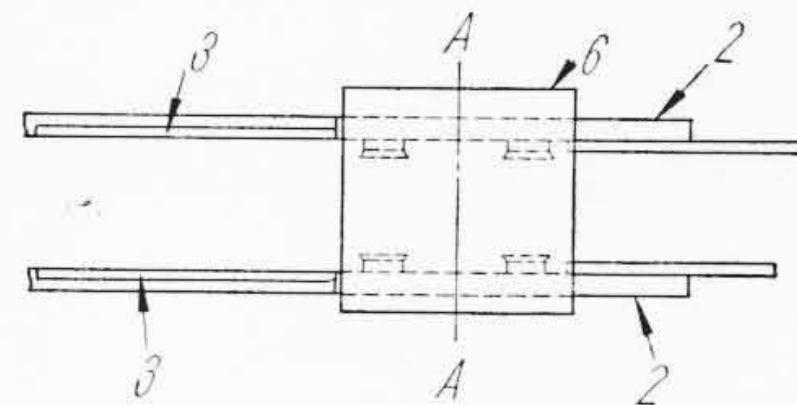
第1図



第3図



第2図



第4図